

Eficiência energética e redução de faturação

TIAGO DANIEL SANTOS VIEIRA

Outubro de 2016

DISSERTAÇÃO DO MEE-SEE EFICIÊNCIA ENERGÉTICA E REDUÇÃO DE FATURAÇÃO

Tiago Daniel Santos Vieira



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2016

Relatório elaborado para satisfação parcial dos requisitos da Unidade Curricular de DSEE -
Dissertação do Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

Candidato: Tiago Daniel Santos Vieira, Nº 1110705, 1110705@isep.ipp.pt

Orientação científica: Sérgio Filipe Carvalho Ramos, scr@isep.ipp.pt

Empresa: IKEA Industry Portugal

Supervisão: Nuno Alexandre Moreira Pinto Pacheco, nuno.pacheco2@ikea.com



Departamento de Engenharia Eletrotécnica
Mestrado em Engenharia Eletrotécnica – Sistemas Elétricos de Energia

2016

Agradecimentos

Em primeiro lugar quero agradecer aos meus pais, pois sem eles eu não estaria onde estou hoje, não seria a pessoa que sou nem teria a oportunidade de desenvolver este trabalho.

Ao meu orientador no IKEA Industry, o engenheiro Nuno Pacheco, o meu muito obrigado por toda ajuda e disponibilidade prestada durante o estágio, assim como pela oportunidade da realização do mesmo.

Ao meu orientador no ISEP, o engenheiro Sérgio Ramos, agradeço a sua disponibilidade e auxílio na estruturação do trabalho, o que contribuiu para a conclusão do mesmo dentro do prazo estipulado.

A todos os colaboradores do IKEA Industry, em especial aos que fazem parte do departamento financeiro, de propriedade, à equipa de manutenção e ao meu companheiro de escritório, Marcos Silva, expresso o meu agradecimento e apreço pela ajuda prestada e por todo o tempo disponibilizado.

Agradeço à Ikaros Hemera pela resolução de dúvidas sobre o projeto dos painéis fotovoltaicos.

Quero, também, manifestar o meu apreço a todos os meus amigos e colegas que de uma forma direta ou indireta contribuíram para o desenvolvimento deste trabalho.

Por último, mas não menos importante, agradeço à Manon Léonard e aos seus familiares pela sua gentileza e hospitalidade em França, onde foi redigida metade desta dissertação.

Resumo

O presente trabalho conta com a apresentação de quatro casos de estudo, os quais foram desenvolvidos durante o período de estágio no IKEA Industry Portugal.

No primeiro caso de estudo realizado, pretende-se identificar e localizar o desperdício energético, o qual diz respeito ao consumo de eletricidade realizado durante as horas em que a fábrica não se encontra a produzir. Desta forma, foi desenvolvida uma plataforma de monitorização do consumo energético, especificamente para o período de fim-de-semana, a qual teve um impacto significativo na diminuição do consumo de energia elétrica, desde a sua implementação, em maio, até ao momento. Esta diminuição do consumo energético é visível através da análise da evolução do consumo médio ocorrido desde janeiro até julho.

O seguinte estudo realizado conta com um simulador de tarifas elétricas, onde se pretende determinar qual a melhor proposta oferecida pelos comercializadores de energia elétrica e, ao mesmo tempo, qual a tarifa, fixa ou indexada, que poderá providenciar um menor custo energético anual à empresa. Para tal, este simulador conta com o histórico de faturas da empresa, onde se encontram dados relevantes para a análise da tarifa indexada.

O terceiro projeto tem como objetivo identificar qual das propostas recebidas para a renovação da iluminação interior é que oferece uma maior rentabilidade ao longo da vida útil da instalação, contando para isso com um documento de validação das características técnicas de cada uma das propostas e a análise de viabilidade económica das mesmas, a qual foi realizada tendo em conta os custos existentes atualmente com a iluminação interior.

Por último, foi realizado um estudo sobre a implementação de painéis fotovoltaicos na cobertura da fábrica para autoconsumo, instalação esta projetada para garantir alguma autonomia à empresa, assim como diminuir os custos associados à fatura energética. O desenvolvimento deste estudo conta a simulação da instalação dos painéis fotovoltaicos no *software* Pvsyst e o estudo de viabilidade económica da mesma.

Palavras-Chave

Energia, eficiência energética, redução de faturação, comercializador de eletricidade, desperdício energético, sustentabilidade.

Abstract

This work includes the presentation of four case studies, which were developed during the traineeship period at IKEA Industry Portugal.

In the first case study is intended to identify and locate the energy waste, which concerns to the electricity consumption carried out during the hours that the factory is not producing. Thus, it was developed an energy consumption monitoring platform, specifically for the weekend period, which had a significant impact on the reduction of energy consumption, since its implementation in May, so far. This reduction of energy consumption is visible through the average consumption trend analysis occurred from January to July.

The following study includes an electricity rates simulator, which aims to determine the best proposal offered by electricity suppliers and, at the same time, what kind of rate, fixed or indexed, can provide the lower annual energy cost to the company. To this end, this simulator makes use of the company's invoices history, where there are relevant data to the indexed rate analysis.

The third project aims to identify which one of the received proposals for the indoor lighting renewal offers the greater profitability over the equipment life, counting on a validation document of the technical characteristics of each proposal and the economic viability analysis thereof, which was performed taking into account the currently costs related to the existing indoor lighting.

Lastly, a study was conducted on the implementation of photovoltaic panels for self-consumption in the factory rooftop. This project was designed to ensure some autonomy to the company, as well as reduce the costs associated to the energy bill. The development of this study includes the simulation of the photovoltaic installation through Pvsyst software and its economic viability analysis.

Keywords

Energy, energy efficiency, reduce billing, electricity supplier, energy waste, sustainability.

Índice

AGRADECIMENTOS	I
RESUMO	III
ABSTRACT	V
ÍNDICE	VII
ÍNDICE DE FIGURAS	IX
ÍNDICE DE TABELAS	XIII
ACRÓNIMOS.....	17
1. INTRODUÇÃO.....	20
1.1.CONTEXTUALIZAÇÃO.....	20
1.2.OBJETIVOS	21
1.3.MOTIVAÇÕES	21
1.4.ORGANIZAÇÃO.....	21
1.5.APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA.....	22
2. SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO E REPORTE DE ENERGIA - SMRE.....	25
2.1.VANTAGENS	25
2.2.COMPONENTES DO SISTEMA.....	26
3. MERCADO ELÉTRICO LIBERALIZADO.....	33
3.1.ALTERAÇÃO DE COMERCIALIZADOR	34
4. PLATAFORMA DE MONITORIZAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO	43
5. SIMULADOR DE TARIFAS ELÉTRICAS.....	55
6. ANÁLISE DE PROPOSTAS DE RENOVAÇÃO DA ILUMINAÇÃO INTERIOR	65
7. ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA AUTOCONSUMO.....	77
8. CONCLUSÕES	91
REFERÊNCIAS	95
ANEXO A. RESULTADOS DA PLATAFORMA DE MONITORIZAÇÃO	97

ANEXO B. RESTANTES RESULTADOS PROVENIENTES DO SIMULADOR DE TARIFAS ENERGÉTICAS	123
ANEXO C. DOCUMENTO DE VERIFICAÇÃO DE REQUISITOS RELATIVO ÀS PROPOSTAS DE ILUMINAÇÃO INTERIOR.....	127
ANEXO D. LEVANTAMENTO DAS LUMINÁRIAS REFERENTES ÀS VÁRIAS PROPOSTAS	137
ANEXO E. RELATÓRIOS GERADOS PELO PVSYST	143

Índice de Figuras

Figura 1 – Vista do IKEA Industry Portugal via satélite	23
Figura 2 – Subestação existente no IKEA Industry Portugal	24
Figura 3 – Composição de um contador mecânico [1]	27
Figura 4 – Estrutura de um SMRE [4]	32
Figura 5 - Comercializadores disponíveis para clientes não-domésticos	34
Figura 6 - Esquema ilustrativo da composição das tarifas elétricas [9]	38
Figura 7 - Ilustração da formação do preço da energia elétrica [13]	41
Figura 8 - Fluxograma dos Contadores	44
Figura 9 - Multímetro ABB - DMTME-I-485 [15]	45
Figura 10 - Erro associado à seleção de períodos não-homólogos	58
Figura 11 - Resultado da simulação com dados de 2014	59
Figura 12 - Resultado final com custos de acesso à rede em AT de 2016	62
Figura 13 - Áreas da cobertura resistentes a esforços estruturais acrescidos	78
Figura 14 - Exemplificação da cobertura através dos painéis solares [17]	78
Figura 15 - Identificação da localização dos painéis fotovoltaicos	80
Figura 16 – Relatório da simulação para o parque de estacionamento (1/3)	144
Figura 17 - Relatório da simulação para o parque de estacionamento (2/3)	145
Figura 18 - Relatório da simulação para o parque de estacionamento (3/3)	146

Figura 19 - Relatório da simulação para a cobertura das fábricas (1/3)	147
Figura 20 - Relatório da simulação para a cobertura das fábricas (2/3)	148
Figura 21 - Relatório da simulação para a cobertura das fábricas (3/3)	149

Índice de Tabelas

Tabela 1 - Ciclo semanal para todos os fornecimentos [8]	36
Tabela 2 - Ciclo semanal opcional para os fornecimentos em MT, AT e MAT [8]	36
Tabela 3 - Ciclo diário para os fornecimentos em BT [8]	37
Tabela 4 - Tarifa de acesso às redes em AT para 2016 publicadas pela ERSE [10]	39
Tabela 5 - Listagem dos contadores em análise	46
Tabela 6 – Exemplo do registo dos consumos antes do tratamento de dados	47
Tabela 7 – Exemplo do registo dos consumos após a aplicação do algoritmo	48
Tabela 8 - Formato dos dados de <i>input</i>	49
Tabela 9 - <i>Report</i> da comparação global relativa à média dos consumos de fim-de-semana de junho e julho – Período: domingo 0h – 7h	50
Tabela 10 - Resumo dos <i>reports</i> globais obtidos através das médias mensais de janeiro a julho	52
Tabela 11 - Composição da fatura de eletricidade do IKEA Industry	56
Tabela 12 - Constituição das luminárias atuais	66
Tabela 13 - Mapa de quantidades atual - zona de produção e armazém	67
Tabela 14 - Mapa de quantidades atual - zona de escritórios e não produção	67
Tabela 15 - Requisitos Luminotécnicos - Iluminância Média	68
Tabela 16 - Requisitos de proteção das luminárias	69
Tabela 17 - Resumo - Mapa de Quantidades	70

Tabela 18 - Evolução do preço da eletricidade em função da TAR	72
Tabela 19 - Análise Económica das Propostas Apresentadas	73
Tabela 20 - Preços de energia e potência utilizados no estudo realizado	83
Tabela 21 - Ganhos provenientes da energia elétrica renovável consumida	84
Tabela 22 - Evolução do preço da energia elétrica por período horário	84
Tabela 23 – Registo da potência em horas de ponta e respetivos ganhos	85
Tabela 24 - Registo dos picos de potência mensais e poupança monetária anual	85
Tabela 25 - Ganhos associados à venda de energia elétrica	87
Tabela 26 - Análise de viabilidade económica da instalação fotovoltaica	88
Tabela 27 – <i>Report</i> PFF e BoF relativo ao período selecionado	101
Tabela 28 – <i>Report</i> PFF	103
Tabela 29 – <i>Report</i> BoF	106
Tabela 30 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (1/9)	128
Tabela 31 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (2/9)	129
Tabela 32 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (3/9)	130
Tabela 33 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (4/9)	131
Tabela 34 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (5/9)	132
Tabela 35 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (6/9)	133
Tabela 36 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (7/9)	134
Tabela 37 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (8/9)	135
Tabela 38 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (9/9)	136

Tabela 39 - Levantamento de luminárias na zona de produção e armazém - Proposta Philips	138
Tabela 40 - Levantamento de luminárias na zona de escritórios e não produção - Proposta Philips	138
Tabela 41 - Levantamento de luminárias na zona de produção e armazém - Proposta Schröder	139
Tabela 42 - Levantamento de luminárias na zona de escritórios e não produção - Proposta Schröder	139
Tabela 43 - Levantamento de luminárias na zona de produção e armazém - Proposta IKEA IMS	140
Tabela 44 - Levantamento de luminárias na zona de escritórios e não produção - Proposta IKEA IMS	140
Tabela 45 - Levantamento de luminárias na zona de produção e armazém - Proposta Aura Light	141
Tabela 46 - Levantamento de luminárias na zona de escritórios e não produção - Proposta Aura Light	142

Acrónimos

€/kWh	–	Euro por quilowatt-hora
AT	–	Alta Tensão
BoF	–	Board on Frame
BT	–	Baixa Tensão
BTE	–	Baixa Tensão Especial
BTN	–	Baixa Tensão Normal
CO ₂	–	Dióxido de Carbono
CUR	–	Comercializador de Último Recurso
DGGE	–	Direção Geral de Geologia e Energia
EDP	–	Energias de Portugal
ERSE	–	Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos
GPRS	–	General Packer Radio Service
GSM	–	Global System for Mobile Communications
GWh	–	Gigawatt-hora
IP	–	Internet Protocol
IRC	–	Índice de Restituição Cromática
kVA	–	Quilovolt-ampere
kWh	–	Quilowatt-hora

LAN	–	Local Area Network
LED	–	Díodo emissor de luz, em inglês light emitting diode
MAT	–	Muito Alta Tensão
MIBEL	–	Mercado Ibérico de Eletricidade
MT	–	Média Tensão
OMIE	–	Operador de Mercado Ibérico de Energia – Pólo Espanhol
OMIP	–	Operador de Mercado Ibérico de Energia – Polo Português
PB	–	Payback
PFF	–	Pigment Factory Furniture
PT	–	Posto de Transformação
QGBT	–	Quadro Geral de Baixa Tensão
REN	–	Rede Elétrica Nacional
RESP	–	Rede Elétrica de Serviço Público
SMRE	–	Sistema de Monitorização e Reporte de Energia
TAR	-	Tarifa de acesso à rede
TCP	–	Transmission Control Protocol
TIR	–	Taxa Interna de Rentabilidade
UPAC	–	Unidades de Produção para Autoconsumo
VAL	–	Valor Atual Líquido
W	–	Watt

1. INTRODUÇÃO

1.1. CONTEXTUALIZAÇÃO

Ao longo deste trabalho é abordado o conceito de um sistema de monitorização remota de energia (SMRE), sendo mencionada a sua utilidade e as vantagens associadas à sua utilização.

Para além deste conceito é, também, abordado o conceito de mercado energético, onde se engloba o processo da escolha do comercializador de energia elétrica, identificam-se os tipos de tarifas existentes em função do período horário (simples, bi-horário, tri-horário e tetra-horário), a composição dos períodos horários associados às mesmas, a identificação da constituição do preço da energia elétrica e as diferentes modalidades de tarifas existentes, nomeadamente, a tarifa fixa e a tarifa indexada.

Posteriormente, encontram-se quatro casos de estudo realizados, sendo o primeiro um projeto que diz respeito a uma plataforma de monitorização dos consumos energéticos, a qual foi realizada com base num SMRE já existente, tendo esta como finalidade organizar os dados de consumo obtidos, de modo a localizar o desperdício energético nas instalações do IKEA Industry Portugal, nomeadamente durante o período de não produção das fábricas.

Relativamente ao segundo trabalho desenvolvido, este consiste num simulador que visa determinar a escolha do comercializador de energia elétrica e o tipo de tarifa (fixa ou indexada) que permite obter um menor custo energético anual, contando para isso com uma base de dados referente à informação comercial da empresa, desde o início de 2014 até ao final de 2015, e as propostas apresentadas pelos comercializadores de energia elétrica.

O terceiro trabalho realizado é referente à validação e comparação de propostas de renovação da iluminação interior, por luminárias com tecnologia LED, recebidas pela empresa, de modo a verificar se as propostas cumprem os requisitos técnicos exigidos pelo IKEA e qual delas se apresenta como sendo a mais rentável ao longo da vida útil da instalação, tendo em

conta o investimento e o consumo energético associado a cada proposta, assim como os ganhos face à iluminação interior atual.

Por último, encontra-se um projeto associado à implementação de um sistema de painéis fotovoltaicos para autoconsumo de 6 MW, localizado na cobertura das fábricas e no parque de estacionamento. Este projeto engloba um estudo de viabilidade económica, onde são incluídos, como ganhos, a energia elétrica renovável consumida, o excesso de produção vendido à rede, a diminuição mensal da potência em horas de ponta e a diminuição anual da potência contratada.

1.2. OBJETIVOS

Os principais objetivos deste trabalho dizem respeito à diminuição do consumo energético e à faturação associada ao mesmo. Desta forma, pretende-se essencialmente atuar sobre o desperdício energético que ocorre durante o período de não produção das fábricas, ou seja, durante as horas em que as fábricas não se encontram a produzir.

Para além de se procurar diminuir a fatura energética através da redução do desperdício energético, pretende-se que esta seja a mais baixa possível através do contrato realizado com o fornecedor de energia elétrica, sendo para tal importante determinar qual o fornecedor que oferece a melhor proposta e avaliar qual a tarifa (fixa ou indexada) que poderá ser mais vantajosa.

1.3. MOTIVAÇÕES

A opção pela realização do estágio no IKEA Industry deveu-se essencialmente ao conteúdo da proposta apresentada pela empresa, estando esta associada à eficiência energética e à redução da faturação. Para além disso, o facto de ser um estágio que combina o trabalho em escritório com o trabalho em campo foi outro dos aspetos motivantes, assim como a possibilidade de uma maior aproximação com o mercado de trabalho.

1.4. ORGANIZAÇÃO

O presente trabalho encontra-se dividido em dois capítulos referentes a conceitos utilizados nos casos de estudo desenvolvidos, seguidos estes de quatro capítulos, cada um associado a um dos casos de estudo.

O primeiro capítulo diz respeito ao conceito de um SMRE, encontrando-se este seguido do capítulo referente ao mercado energético.

O capítulo seguinte é referente ao projeto de uma plataforma de monitorização dos consumos energéticos, durante o período de não produção das fábricas, seguido este da apresentação de um simulador de tarifas energéticas.

O quinto capítulo está relacionado com a validação e análise das propostas de iluminação interior, recebidas pelo IKEA, encontrando-se por último o capítulo associado ao projeto da instalação de painéis fotovoltaicos para autoconsumo.

1.5. APRESENTAÇÃO E CARACTERIZAÇÃO DA EMPRESA

Neste capítulo é abordada a apresentação da empresa, onde este trabalho foi realizado, e a descrição das instalações da mesma, englobando algumas das medidas relacionadas com a eficiência energética já implementadas.

Identificação e localização

O presente trabalho foi realizado no IKEA Industry Portugal, em Paços de Ferreira, empresa esta responsável pela produção de móveis e componentes, construídos à base de madeira, exclusivamente para as lojas do grupo IKEA.

Uma vez que existem outras fábricas designadas por IKEA Industry, espalhadas por 11 países, englobando um total de 18.000 colaboradores, estas tem de competir entre si, de modo a proporcionar os preços mais baixos, os quais são apenas possíveis através da melhoria contínua dos processos produtivos.

A empresa, em Portugal, representa dois setores de negócio, os quais são compostos por 3 fábricas:

- *Flat Line*, a qual é constituída pela *Pigment Furniture Factory* (PFF), sendo o seu setor de negócio direcionado para a produção de mobiliário de quarto e cozinha;

- *Board on Frames* (BOF), composta pela *Lacquering & Print* e pela *Foil*, em que o setor de negócio se encontra orientado à construção de mobiliário leve de arrumação, como estantes e mesas.

Durante este trabalho, as três fábricas serão consideradas como sendo apenas duas. Isto é, em vez de se utilizar a designação *Lacquering & Print*, *Foil* e PFF, utilizar-se-á apenas BoF e PFF.

Para além das áreas de produção mencionadas, existe ainda o *Warehouse*, local este onde é armazenado o produto acabado das três fábricas.

As instalações do IKEA Industry Portugal englobam um total de 130.000 m², nas quais se encontram cerca de 1.500 colaboradores, tendo sido realizado um investimento inicial, em outubro de 2007, de 135.000.000 €. Através da figura seguinte é possível ter uma perspetiva das dimensões da empresa, assim como da localização da BoF, da PFF e do *Warehouse*, áreas estas envolvidas nos casos de estudo desenvolvidos.



Figura 1 – Vista do IKEA Industry Portugal via satélite

Caracterização das instalações

Face ao elevado consumo energético das instalações do IKEA Industry, 57.413 MWh no ano civil de 2015, estas possuem a sua própria subestação, a qual recebe energia elétrica proveniente da rede de alta tensão (AT), com uma tensão de 60 kV, transformando esta em

média tensão (MT), com uma tensão de 15 kV, a qual é depois distribuída por quatro postos de transformação (PTs). Na figura seguinte encontra-se representada a subestação existente.



Figura 2 – Subestação existente no IKEA Industry Portugal

Apesar do elevado consumo de energia ativa, a empresa conta com soluções que vão ao encontro da eficiência energética, nomeadamente a nível da iluminação, a qual é realizada maioritariamente através de lâmpadas fluorescentes T5, a aplicação de inversores de frequência em motores e a utilização de baterias de condensadores, as quais permitiram, em março deste ano, pagar apenas cerca de 50€ de encargos com a energia reativa. Para além disso, a empresa possui um SMRE, o qual permite medir e controlar os consumos energéticos, assim como a qualidade da energia.

2. SISTEMA DE MONITORIZAÇÃO E REPORTE DE ENERGIA - SMRE

Uma vez que a solução para melhorar a eficiência energética de uma instalação parte da identificação dos equipamentos responsáveis pelos maiores consumos energéticos, incluindo os respetivos consumos, onde uma pequena melhoria pode levar a poupanças significativas, é necessário um sistema que permita identificar e agrupar esses dados, de forma a desenvolver uma análise e o reporte da mesma ao utilizador.

Um SMRE deve realizar medições automáticas e contínuas dos consumos energéticos através de contadores avançados (*advanced meters*), os quais são responsáveis por registar e enviar os dados obtidos para uma localização remota, permitindo a um sistema a agrupação dos mesmos e ao desenvolvimento de análises necessárias por parte do utilizador, servindo assim como uma ferramenta de apoio à gestão de energia. O seu principal objetivo é exatamente este, converter os dados obtidos e transforma-los em informação útil para o utilizador, auxiliando este no processo de identificação de medidas de eficiência energética a adotar e no acompanhamento dos resultados associados às mesmas.

2.1. VANTAGENS

Este tipo de sistema apresenta um conjunto alargado de vantagens, permitindo a sua implementação beneficiar apenas aquelas que são necessárias para o utilizador, evitando assim o sobre dimensionamento do sistema e consequentemente o seu custo.

As principais vantagens de um SMRE são as seguintes:

- Alertar automaticamente o utilizador para algum tipo de situação previamente definida (consumo ou pico de potência por exemplo) através de email e/ou mensagem para o telemóvel;
- Identificar o perfil de consumo da instalação e respetiva tendência a nível do consumo e custo, facilitando assim o processo de escolha do tipo de tarifa elétrica em que o perfil de consumo melhor se encaixa;

- Permitir o acesso rápido a análises que indicam oportunidades de melhoria na instalação, as quais terão lucros associados a curto ou médio prazo;
- Alocar consumos e repartir os custos energéticos, possibilitando assim a atribuição de um custo a um determinado equipamento e/ou processo;
- Garantir a conformidade com um regulamento, norma ou certificação energética que implique a verificação de medidas de eficiência energética aplicadas;
- Analisar a qualidade da energia, nomeadamente a distorção harmónica;
- Verificar e medir as poupanças energéticas acordadas em contratos de desempenho energético, os quais estabelecem a ocorrência de reduções de consumo em função dos períodos de tempo acordados;
- Verificar se existem discrepâncias entre o consumo total da instalação e consumo indicado na fatura energética;
- Identificar anomalias a nível de equipamentos, nomeadamente algum tipo de avaria;
- Comparar desempenhos energéticos (*benchmarking*) com outras instalações, permitindo assim perceber como se encontra a instalação face a outras do mesmo género;
- Desenvolver o histórico de consumos semanal, mensal e/ou anual da instalação, possibilitando assim a comparação de resultados ao longo do tempo e consequentemente à deteção de alterações registadas.

2.2. COMPONENTES DO SISTEMA

Contadores e Sensores

Os contadores e/ou sensores tem o propósito de realizar vários tipos de medições, como energia elétrica, temperatura, luminosidade, etc. Posteriormente, devem proceder ao envio dos dados registados a um sistema de aquisição de dados, podendo o envio ser realizado periodicamente, como por exemplo, a cada hora do dia ou de 5 em 5 minutos.

Uma vez que o trabalho elaborado trata apenas dos consumos elétricos, a abordagem seguinte foca-se apenas na vertente elétrica. Desta forma, tendo em conta que existem duas categorias de contadores, os mecânicos e os elétricos, a abordagem seguinte recai sobre os mesmos. É também necessário ter em conta que o tipo de contador varia conforme o tipo de energia que se pretende medir, podendo estes serem contadores de energia ativa, reativa ou combinados, assim como do tipo de corrente, ou seja, contadores monofásicos e trifásicos.

Contadores mecânicos

Estes contadores são os mais populares devido ao facto de estarem presentes em grande escala no setor residencial, podendo também designarem-se como contadores de indução ou de watt-hora. Estas designações estão relacionadas com o seu modo de funcionamento e a sua utilidade, a qual é de apenas indicar a energia acumulativa.

O seu princípio de funcionamento está relacionado com o disco metálico que se move através do campo magnético gerado pelos dois eletroímãs, sendo um deles composto por uma bobina, onde é gerado um campo magnético proporcional à tensão, e outro que é composto por uma ou mais bobinas, onde é produzido um campo magnético proporcional à corrente que atravessa o contador. Os campos magnéticos provocam correntes de Foucault no disco, criando assim uma força sobre este, a qual é proveniente do resultado do produto dos dois campos magnéticos, ou seja, o produto da tensão com a corrente. Desta forma, a velocidade giratória do disco é proporcional à potência que chega ao contador. Em relação à alteração dos números indicados pelo contador, referentes ao consumo de energia que vai sendo acumulado ao longo do tempo, deve-se ao acionamento das engrenagens mecânicas através do movimento do disco [1]. Na figura seguinte é possível visualizar o interior de um contador deste tipo.

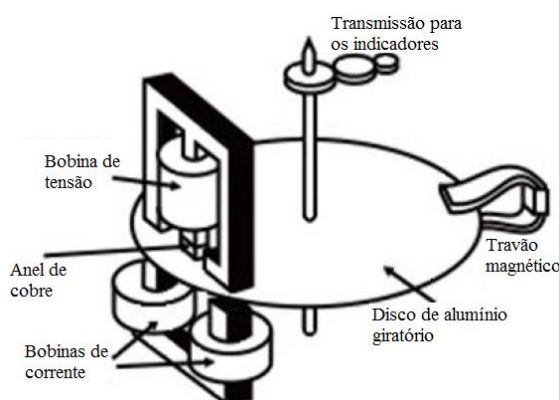


Figura 3 – Composição de um contador mecânico [1]

Estes equipamentos apesar de apresentarem um baixo custo de aquisição e a sua precisão encontrar-se na ordem dos 2%, não disponibilizam de capacidade de armazenar o consumo obtido num determinado período de tempo, nem de enviar qualquer tipo de informação remotamente [2]. Apenas é possível verificar a diferença entre o consumo atual indicado e o consumo anteriormente registado, necessitando para isso de alguém que se desloque junto do mesmo e registe essa mesma alteração.

Apesar de existir solução para a leitura e transmissão remota dos valores apresentados pelo contador, isso implicará a aquisição de equipamentos auxiliares, que por sua vez irá corresponder a custos acrescidos. Desta forma, pode ser necessária a realização de uma análise técnico-económica com o intuito de se verificar se fica mais económico obter este tipo de contadores e equipamentos auxiliares, possibilitando a sua integração num SMRE, ou se a melhor solução é adquirir outro tipo de contadores com mais funcionalidades, nomeadamente a transmissão remota dos dados necessários.

Contadores eletromecânicos

O funcionamento deste tipo de contadores é idêntico ao dos contadores anteriormente apresentados, distinguindo-se destes pelo facto de possuírem a capacidade de enviar dados remotamente. Para tal, contam com um sensor ótico que mede o número de rotações do disco e envia um impulso elétrico por rotação. Uma vez que cada rotação corresponde a um determinado valor de energia conhecido, cada impulso elétrico irá representar esse mesmo valor.

Enquanto que a precisão deste tipo de contadores encontra-se no mesmo patamar dos anteriores, o seu custo de aquisição é mais elevado. No entanto, já possuem de origem a capacidade de transmitirem os valores de consumo ao longo do tempo, permitindo assim a sua integração num SMRE, ainda que não permitam a medição da potência.

Contadores avançados

Relativamente aos contadores avançados, estes são equipamentos destinados essencialmente ao utilizador e não aos fornecedores de energia, possuindo a capacidade de indicar uma vasta gama de parâmetros elétricos, abrangendo a tensão, corrente, frequência, fator de potência e a potência ativa, reativa e aparente, assim como a energia.

A transmissão dos dados disponibilizados por este tipo de contadores pode ser realizada pelo menos diariamente e o registo dos dados, no mínimo, de hora em hora, enviando estes remotamente de forma estruturada, facilitando a integração com um SMRE.

Outras das características que estes equipamentos apresentam é a possibilidade de armazenarem dados em séries temporais, a indicação de valores mínimos, máximos e médios, a escolha dos intervalos de medição de acordo com o pretendido, a inclusão de alarmes de controlo de consumo ou potência, etc. Para além do alerta ao utilizador sobre a

medição de determinada potência, a qual pode estar, por exemplo, perto da potência contratada, é possível proceder ao controlo da instalação através do desligamento de equipamentos pré-definidos.

Ao contrário dos contadores anteriores, estes não possuem partes mecânicas móveis, funcionando apenas com base em circuitos integrados e em transformadores de corrente e de tensão. Relativamente à sua precisão de leitura, esta é superior, encontrando-se à volta dos 0.5% [3]. O seu custo de aquisição, apesar de variar conforme as características do produto, por norma é superior, podendo ir das centenas aos milhares de euros.

Sistema de aquisição de dados

O sistema de aquisição de dados tem a função de organizar os dados provenientes dos contadores e sensores existentes na instalação, através de uma rede de comunicação, e proceder ao envio dos mesmos para a base de dados remota, utilizando para tal a gateway. Este sistema pode encontrar-se incluído no sistema seguinte.

Gateway e serviço de comunicação

Sendo o sistema anterior responsável por fazer chegar os dados a este, a partir desta etapa resta proceder ao envio dos mesmos para uma base de dados remota, utilizando para tal um serviço de comunicação que permita o envio dos dados tão rápido quanto o necessário. É este preciso ponto que diferencia um sistema SMRE de um sistema tradicional, o qual exige a necessidade de alguém se deslocar ao local para obter os valores registados, existindo assim o desperdício de recursos humanos e a impossibilidade de se realizar a transferência de dados em tempo útil.

Um serviço de comunicação pode recorrer a vários tipos de tecnologias, encontrando-se de seguida as mais usuais.

- *Modem* telefónico – Este tipo de tecnologia é bastante usual, pois trata-se da utilização da linha telefónica, a qual se encontra presente na maioria dos edifícios, servindo para a ligação de telefones fixos e para a ligação à internet. Neste caso, a comunicação dos dados é realizada através desta linha com o auxílio de um *modem* e o respetivo *software*. No entanto, se a linha partilhar de ligações telefónicas, é necessário fazer a transferência dos dados num período em que não sejam utilizados

os telefones, situação esta possível de contornar com a utilização de uma linha dedicada [4].

- GSM/GPRS – A primeira sigla significa *Global System for Mobile Communications* e tal como o próprio nome indica, faz a comunicação dos dados através da rede móvel utilizada pelos telemóveis. Assim como no caso anterior, faz o uso dos *modems*, permitindo o envio da informação sem a utilização de fios para a base de dados. Relativamente à segunda sigla, a sua designação é *General Packer Radio Service*, a qual possibilita o uso de uma rede móvel com linha dedicada, permitindo assim uma comunicação constante [4].
- Rede local ou *Local Area Network* (LAN) – A utilização desta tecnologia baseia-se na utilização de uma rede local de computadores, realizando através desta a comunicação com o sistema de monitorização. Através de diferentes protocolos os contadores podem comunicar com esta rede, sendo o Modbus, HART e TCP/IP (Transmission Control Protocol / Internet Protocol) alguns dos mais usuais. Esta rede permite a ligação dos contadores em série, o que oferece uma poupança económica consequente da menor utilização de cablagem [4].

Base de dados remota

A base de dados é um servidor com capacidade de armazenamento e processamento dos dados, podendo a mesma ser ou não adquirida pelo cliente. Desta forma, o armazenamento dos dados obtidos pode ser realizado dentro da própria instalação a monitorizar ou num local remoto, nomeadamente nas instalações da empresa que fornece o sistema de monitorização. Apesar do armazenamento local permitir salvaguardar os dados e evitar outro tipo de pagamento à empresa que presta os serviços, é necessária a utilização de computadores dedicados ao processamento dos dados, assim como a obtenção de licenças de *software* necessário. No entanto, o armazenamento dos dados num outro local onde o acesso aos mesmos será apenas via internet pode implicar a vulnerabilidade dos mesmos e ao pagamento contínuo por um serviço. Se não se tratarem de dados confidenciais, esta pode ser uma alternativa prática e económica (dependendo do custo a pagar pelo serviço), pois permite o acesso aos dados a partir de qualquer local e a um número mais alargado de pessoas, evitando ao mesmo tempo as despesas com licenças de *software* e com a aquisição de computadores.

Software de visualização e análise de dados

Este último sistema pode-se assumir como o mais relevante, uma vez que é responsável pela realização de análises referentes aos dados presentes na base de dados. O *software* pode-se encontrar *online*, permitindo o acesso através de um navegador de internet (*browser*) ou de uma aplicação móvel, ou pode implicar a instalação no computador.

O seu grau de utilidade está associado às análises que permite utilizar, as quais devem ser indicadas pelo cliente à empresa responsável pela instalação do software, caso contrário, os restantes componentes do sistema podem funcionar muito bem, comunicando todo o tipo de informação durante os intervalos de tempo estipulados, e não ser possível tirar partido do SMRE.

Atualmente estes sistemas permitem a identificação do custo elétrico da instalação com base no consumo realizado e as tarifas praticadas, assim como os respetivos gases de efeito de estufa, a visualização do consumo de um grupo específico de contadores em diferentes períodos, permitindo ao utilizador escolher os contadores e o período que deseja verificar, a comparação de consumos em períodos distintos, o *benchmarking* com outros edifícios, a exportação de reportes com a informação pretendida, a criação de *dashboards*, etc.

Os *dashboards* são uma peça importante pelo facto de apresentarem graficamente dados relevantes, os quais podem prestar auxílio na tomada de decisão relativamente a oportunidades de melhoria a investir, como por exemplo através de um diagrama de Pareto, onde é possível identificar a causa da grande maioria do consumo, a qual geralmente se encontra associada a uma minoria de contadores. São na verdade um painel de controlo, o qual pode ser configurado de acordo com os interesses do cliente.

Na figura seguinte é possível visualizar uma ilustração da estrutura deste sistema e como os equipamentos presentes neste se encontram interligados entre si.

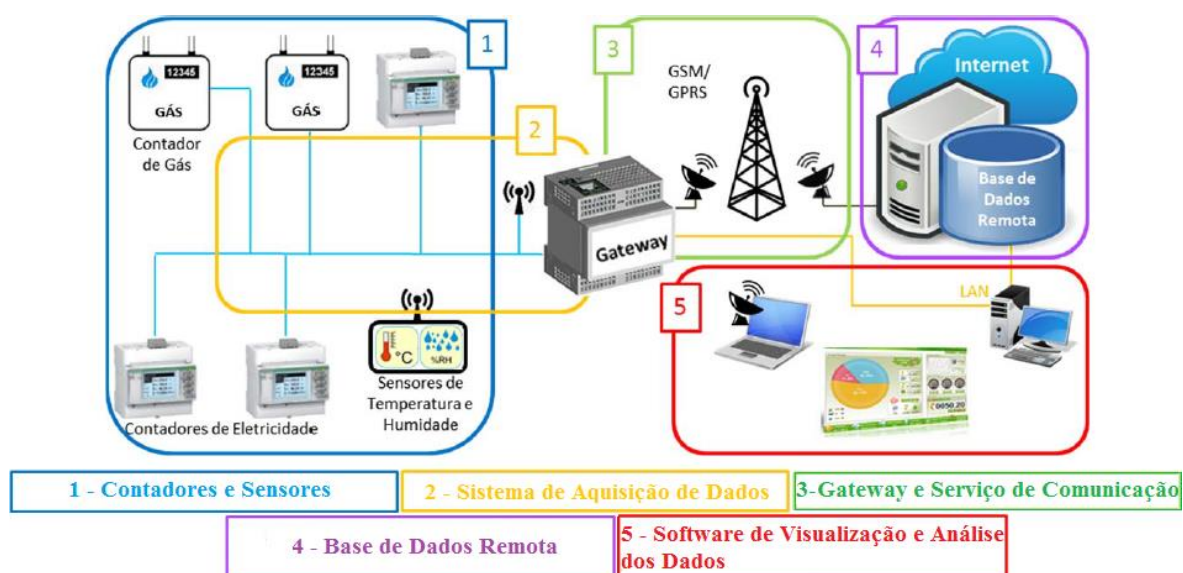


Figura 4 – Estrutura de um SMRE [4]

Um sistema desta natureza oferece à empresa a possibilidade de identificar problemas com os equipamentos existentes na instalação, assim como a identificação do perfil de consumo da mesma. Através do perfil de consumo é possível perceber em que períodos é que a empresa consome mais energia, fator este importante na escolha de tarifas energéticas mais atrativas. O capítulo seguinte aborda sucintamente o mercado elétrico liberalizado, onde é possível compreender de que forma se pode tirar proveito de tarifas mais favoráveis ao consumidor.

3. MERCADO ELÉTRICO LIBERALIZADO

O mercado elétrico liberalizado, tal como o próprio nome indica, é um mercado em que o consumidor tem liberdade para escolher o fornecedor de energia elétrica que pretende. Desta forma, é um mercado que permite a concorrência de vários comercializadores de eletricidade, os quais concorrem entre si, praticando preços e condições comerciais de acordo com a concorrência existente, respeitando a lei geral e os regulamentos aplicáveis. Estes regulamentos dizem respeito ao Regulamento de Relações Comerciais, Regulamento do Acesso às Redes e às Interligações e Regulamento Tarifário, os quais são aprovados pela Entidade Reguladora dos Serviços Energéticos (ERSE) e pela Direção Geral de Geologia e Energia (DGGE) [5].

Relativamente à data limite de implementação deste tipo de mercado, o Parlamento Europeu, através da Diretiva n.º 2003/54/CE, indicou que até ao dia 1 de julho de 2007 os consumidores de energia elétrica seriam livres de escolherem o seu fornecedor de eletricidade. No entanto, esta data foi antecipada, possibilitando assim a livre escolha desde o dia 4 de setembro de 2006 [6].

As vantagens deste tipo de mercado são evidentes no que diz respeito à concorrência entre comercializadores, o que permite ao consumidor procurar aquele que oferece os melhores preços de energia elétrica. Isto implica o facto de que os preços passam a ser fixados pelo mercado energético e não pela ERSE.

Para além da vantagem de se obter um preço menor, significa uma melhoria da qualidade de serviço do fornecedor de energia elétrica para com o cliente e a oferta de serviços complementares disponíveis, como por exemplo, contratos de assistência técnica de instalações e/ou equipamentos.

A alteração para este tipo de mercado tem como prazo limite o dia 31 de dezembro de 2017, ou seja, se o consumidor ainda está associado a um comercializador de último recurso (CUR), terá de alterar para um comercializador em regime de mercado. Relativamente a este

tipo de comercializador, o CUR é a entidade responsável por garantir o fornecimento de eletricidade a qualquer consumidor, tendo este ou não comercializadores em regime de mercado interessados em fornecê-los, praticando as tarifas e preços regulados pela ERSE, os quais tendem a ser superiores aos do mercado livre, sobretudo através da implementação de tarifas transitórias, incentivando assim a emigração do mercado regulado para o mercado livre [7].

3.1. ALTERAÇÃO DE COMERCIALIZADOR

Uma vez que existem vários comercializadores no mercado de eletricidade e a alteração é gratuita, não implicando qualquer alteração à instalação do consumidor, cabe ao cliente o processo de *procurement*, ou seja, procurar os comercializadores que podem fornecer eletricidade à sua instalação e que melhor se adaptam às suas necessidades. Para tal, pode consultar na internet, na página da ERSE, os comercializadores disponíveis. Na figura seguinte encontram-se a os comercializadores para grandes consumidores, industriais e pequenos negócios.



Figura 5 - Comercializadores disponíveis para clientes não-domésticos

Após a identificação dos comercializadores, o cliente deve comparar as propostas dos mesmos, de modo a verificar qual a mais vantajosa de acordo com os seus critérios de seleção, nomeadamente os preços de energia praticados, a periodicidade de faturação, as

condições de pagamento, os serviços complementares disponíveis, etc. Dependendo da potência da instalação em causa, pode ser um potencial cliente para os comercializadores, o que pode permitir a obtenção de melhores condições contratuais, devendo assim entrar em contacto direto com os mesmos.

O novo comercializador escolhido pelo consumidor é o responsável por tratar do processo de alteração de comercializador, sendo a Energias de Portugal (EDP) Distribuição a entidade responsável pela gestão do mesmo.

Preços e tarifas

Os comercializadores no mercado livre apresentam vários preços e tarifas relativamente ao período do consumo horário, no entanto só apresentam publicamente os preços referentes ao escalão de baixa tensão normal (BTN), ou seja, só para os clientes que necessitam de uma potência inferior a 41,4 kVA. Isto deve-se ao facto dos preços associados a escalões superiores serem acordados entre o comercializador e o cliente, impossibilitando desta forma a existência de um simulador público para os consumidores alimentados em baixa tensão especial (BTE), média tensão (MT), alta tensão (AT) e muito alta tensão (MAT).

A variação do preço da energia elétrica pode variar de acordo com o período horário, o que significa que o cliente pode pagar diferentes preços de acordo com a hora em que é realizado o consumo de eletricidade. Isto depende do tipo de tarifa escolhida, podendo esta fazer a distinção até quatro, no caso de o escalão ser acima de BTN, ou três períodos horários. Desta forma, a tarifa pode-se apresentar como sendo simples, bi-horária, tri-horária ou tetra-horária, sendo estas compostas, tal como o próprio nome indica, por um, dois, três ou quatro períodos horários, respetivamente.

Os períodos horários existentes designam-se por período de horas de ponta, cheias, vazio normal e super vazio, sendo esta a ordem decrescente do preço da energia elétrica a pagar, ou seja, o período mais caro é o de horas de ponta e o mais barato é o de super vazio. No caso de se tratar de uma tarifa bi-horária, esta divide-se em período horário de vazio e fora de vazio, os quais englobam os períodos de vazio normal e super vazio, e os períodos de ponta e cheias, respetivamente. Tratando-se de uma tarifa tri-horária, esta faz apenas o agrupamento dos períodos de vazio normal e super vazio, sendo assim composta pelo período horário de ponta, cheias e vazio. A tabela seguinte caracteriza as horas correspondentes aos períodos horários existentes.

Tabela 1 - Ciclo semanal para todos os fornecimentos [8]

Hora legal de Inverno	Hora legal de Verão
Segunda-feira a sexta-feira	Segunda-feira a sexta-feira
Ponta: 09.30/12.00 h 18.30/21.00 h	Ponta: 09.15/12.15 h
Cheias: 07.00/09.30 h 12.00/18.30 h 21.00/24.00 h	Cheias: 07.00/09.15 h 12.15/24.00 h
Super vazio: 02.00/06.00 h Vazio normal: 00.00/02.00 h 06.00/07.00 h	Super vazio: 02.00/06.00 h Vazio normal: 00.00/02.00 h 06.00/07.00 h
Sábado	Sábado
Cheias: 09.30/13.00 h 18.30/22.00 h	Cheias: 09.00/14.00 h 20.00/22.00 h
Super vazio: 02.00/06.00 h Vazio normal: 00.00/02.00 h 06.00/09.30 h 13.00/18.30 h 22.00/24.00 h	Super vazio: 02.00/06.00 h Vazio normal: 00.00/02.00 h 06.00/09.00 h 14.00/20.00 h 22.00/24.00 h
Domingo	Domingo
Super vazio: 02.00/06.00 h Vazio normal: 00.00/02.00 h 06.00/24.00 h	Super vazio: 02.00/06.00 h Vazio normal: 00.00/02.00 h 06.00/24.00 h

No caso de se tratar de um consumidor de MT, AT ou MAT, este pode ainda optar, se achar vantajoso, pelo ciclo semanal opcional, o qual conta com um horário diferente e menos uma hora associada ao período de cheias, a qual se desloca para o período de vazio normal, nomeadamente durante os sábados de verão. A seguinte tabela indica as horas correspondentes a esta opção.

Tabela 2 - Ciclo semanal opcional para os fornecimentos em MT, AT e MAT [8]

Hora legal de Inverno	Hora legal de Verão
Segunda-feira a sexta-feira	Segunda-feira a sexta-feira
Ponta: 17.00/22.00 h	Ponta: 14.00/17.00 h
Cheias: 00.00/00.30 h 07.30/17.00 h 22.00/24.00 h	Cheias: 00.00/00.30 h 07.30/14.00 h 17.00/24.00 h
Super vazio: 02.00/06.00 h Vazio normal: 00.30/02.00 h 06.00/07.30 h	Super vazio: 02.00/06.00 h Vazio normal: 00.30/02.00 h 06.00/07.30 h
Sábado	Sábado
Cheias: 10.30/12.30 h 17.30/22.30 h	Cheias: 10.00/13.30 h 19.30/23.00 h
Super vazio: 03.00/07.00 h Vazio normal: 00.00/03.00 h 07.00/10.30 h 12.30/17.30 h 22.30/24.00 h	Super vazio: 03.30/07.30 h Vazio normal: 00.00/03.30 h 07.30/10.00 h 13.30/19.30 h 23.00/24.00 h
Domingo	Domingo
Super vazio: 04.00/08.00 h Vazio normal: 00.00/04.00 h 08.00/24.00 h	Super vazio: 04.00/08.00 h Vazio normal: 00.00/04.00 h 08.00/24.00 h

Por último, existe ainda o ciclo diário, o qual é dedicado aos consumidores de baixa tensão (BT), ou seja, os que se encontram no escalão de BTN e BTE. A tabela seguinte indica os períodos horários associados a este ciclo, a qual, tal como as duas anteriores, diz respeito aos horários aplicados em Portugal Continental.

Tabela 3 - Ciclo diário para os fornecimentos em BT [8]

Hora legal de Inverno		Hora legal de Verão	
Ponta:	09.30/11.30 h 19.00/21.00 h	Ponta:	10.30/12.30 h 20.00/22.00 h
Cheias:	08.00/09.30 h 11.30/19.00 h 21.00/22.00 h	Cheias:	09.00/10.30 h 12.30/20.00 h 22.00/23.00 h
Super vazio:	02.00/06.00 h	Super vazio:	02.00/06.00 h
Vazio normal:	22.00/02.00 h 06.00/08.00 h	Vazio normal:	23.00/02.00 h 06.00/09.00 h

Em relação à variação existente no preço da energia elétrica, nomeadamente nas tarifas de acesso às redes, esta deve-se à evolução do diagrama de carga, o que implica um preço mais elevado durante as horas em que o consumo do país é tipicamente maior (período de horas de ponta) e um preço menor durante as horas em que o consumo é menor (período de super vazio). Este aumento está significativamente relacionado com o aumento dos custos de transporte e de distribuição da energia elétrica, pois um maior consumo de eletricidade significa mais energia a circular na rede, a qual necessita de estar preparada para tal, de modo a manter o mesmo nível de qualidade. Um exemplo destes custos está relacionado com o aumento do nível de tensão, pois é usual aumentar-se o valor da tensão, devido à capacidade dos transformadores conseguirem elevar a tensão, de forma a reduzir as perdas por efeito de Joule na linha (utilizando baixa corrente elétrica alternada), provocando assim custos de sobredimensionamento e manutenção aos operadores da rede de transporte e da rede de distribuição, nomeadamente à Rede Elétrica Nacional (REN) e à EDP Distribuição, respetivamente. Outro exemplo é o facto de que são utilizadas centrais com custos de produção mais elevados para satisfazer a ponta do diagrama de cargas do sistema produtor.

Tarifas de acesso às redes

As tarifas de acesso às redes são aprovadas e publicadas anualmente pela ERSE, sendo estas pagas por todos os consumidores de energia elétrica, permitindo assim o acesso dos comercializadores às mesmas. O seu valor é obtido através da adição das tarifas de uso global do sistema, de uso da rede de transporte e de uso da rede de distribuição. A figura seguinte ilustra de que forma são constituídas as tarifas elétricas, na condição de fornecedor de

mercado, englobando também, para além das tarifas de acesso às redes, as tarifas praticadas pelo comercializador de mercado.

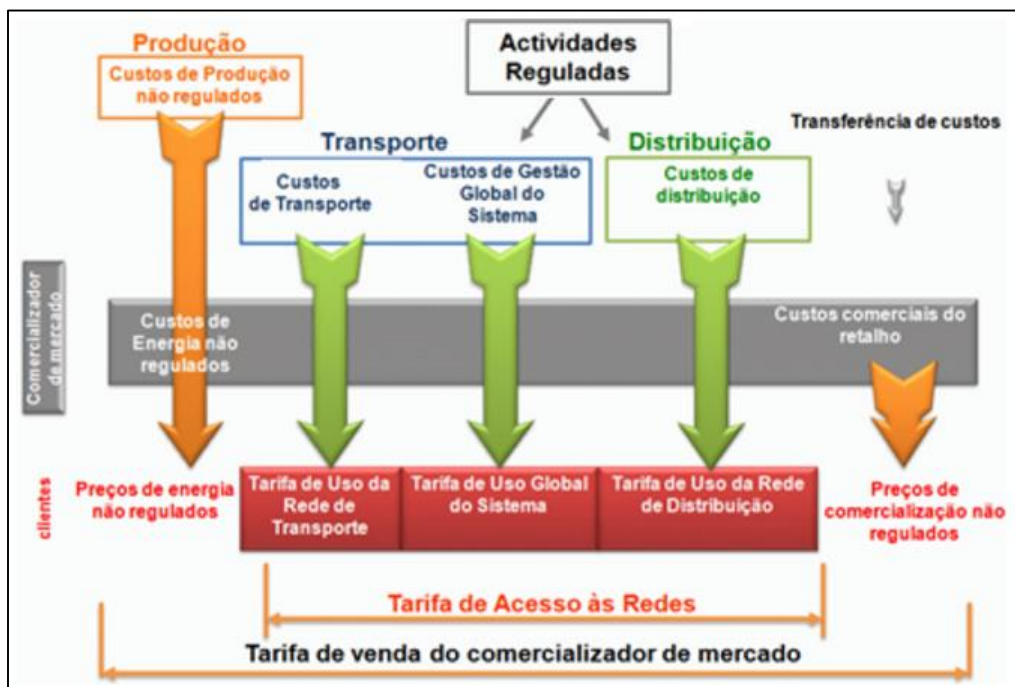


Figura 6 - Esquema ilustrativo da composição das tarifas elétricas [9]

Na condição do fornecimento de energia elétrica ser realizado pelo CUR, a diferença encontra-se nos custos de energia que passam a ser regulados (indexados ao mercado), passando assim a existirem três atividade reguladas ao invés de duas.

Os valores atuais da tarifa de acesso à rede (TAR), para clientes inseridos no escalão de AT, encontram-se na tabela seguinte, sendo estes responsáveis por alguns dos resultados obtidos nos casos de estudo realizados.

Tabela 4 - Tarifa de acesso às redes em AT para 2016 publicadas pela ERSE

[10]

TARIFA DE ACESSO ÀS REDES EM AT		PREÇOS	
Potência		(EUR/kW.mês)	(EUR/kW.dia) *
	Horas de ponta	3,532	0,1158
	Contratada	0,509	0,0167
Energia ativa		(EUR/kWh)	
Períodos I, IV	Horas de ponta	0,0330	
	Horas cheias	0,0285	
	Horas de vazio normal	0,0188	
	Horas de super vazio	0,0184	
Períodos II, III	Horas de ponta	0,0328	
	Horas cheias	0,0285	
	Horas de vazio normal	0,0188	
	Horas de super vazio	0,0186	
Energia reativa		(EUR/kvarh)	
	Fornecida	0,0255	
	Recebida	0,0191	

Relativamente aos períodos indicados na tabela anterior, estes dizem respeito à diferenciação de preços praticados nos quatro períodos trimestrais:

- Período I – de 1 de janeiro a 31 de março;
- Período II – de 1 de abril a 30 de junho;
- Período III – de 1 de julho a 30 de setembro;
- Período IV – de 1 de outubro a 31 de dezembro.

Analisando a tabela anterior, é possível verificar que não se paga apenas a energia, mas também a potência que a EDP Distribuição coloca à disposição do cliente, a qual não deve ultrapassar a potência para a qual a ligação foi projetada. Existe ainda o pagamento pela potência utilizada durante as horas de ponta, a qual é obtida pelo quociente entre a energia ativa consumida em horas de ponta e o número dessas mesmas horas durante o período a que a fatura diz respeito.

Em termos de energia reativa, conforme indicado na tabela anterior, esta apenas se paga na situação do fornecimento ser realizado em BTE ou num escalão superior, excluindo os consumidores domésticos (BTN). Esta energia está relacionada com a magnetização de grandes motores ou transformadores, a qual, apesar de indispensável para o correto funcionamento destes, não produz trabalho, mas sim um incremento no consumo e consequentemente na fatura elétrica. Para além disso, é responsável pelo aumento das perdas

nos equipamentos, na diminuição de rendimento e representa uma sobrecarga para todo o sistema elétrico [11].

Apesar de serem indicados apenas dois valores monetários para a energia reativa, consumida e fornecida, o seu custo está relacionado com o valor do fator de potência, o qual representa o nível de eficiência com que se está a utilizar a energia elétrica e dita o escalão de faturação a aplicar. Isto é, para um fator de potência elevado (próximo de 1) não se aplica nenhum custo relativo à energia reativa, assim como no consumo desta durante os períodos de vazio, mas se o valor se encontrar demasiado baixo, a energia reativa será faturada de acordo com o quanto baixo o fator de potência se encontrar. Para tal, utilizam-se três escalões, cada um com um fator multiplicativo associado, o qual será aplicado ao preço representado na tabela anterior. Os escalões existentes são os seguintes:

- Escalão 1 – Para $0,3 \leq \text{tg } \varphi < 0,4$ – Fator multiplicativo de 0,33
- Escalão 2 - Para $0,4 \leq \text{tg } \varphi < 0,5$ - Fator multiplicativo de 1,00
- Escalão 3 - Para $\text{tg } \varphi \geq 0,5$ - Fator multiplicativo de 3,00

O valor da $\text{tg } \varphi$ define-se como o quociente entre a energia reativa e a energia ativa medidas no mesmo período.

Preços dos comercializadores

Para além das tarifas de acesso às redes, os comercializadores cobram também a energia que os mesmos tiveram de comprar. Desta forma, o preço da energia elétrica é composto pelo preço associado às tarifas de acesso às redes e ao preço praticado pelo comercializador.

Este preço está sobretudo relacionado com a compra da energia elétrica realizada pelos comercializadores no mercado energético, o qual se encontra aberto à concorrência. Isto significa que o comercializador pode comprar energia elétrica diretamente a produtores, através de contratos bilaterais, ou no Mercado Ibérico de Eletricidade (MIBEL).

Relativamente ao preço da energia comprada no MIBEL, esta pode ser proveniente do mercado diário, onde se realizam compras e vendas de energia resultante do encontro entre as ofertas de procura e as ofertas de compra e venda efetuadas pelos diversos agentes para uma determinada hora. A plataforma de mercado diário em que Portugal está inserido é gerida pelo Operador de Mercado Ibérico de Energia – Pólo Espanhol (OMIE), onde se

transaciona eletricidade para entrega no dia seguinte ao da negociação, formando assim o preço da energia para cada hora do dia e para todos os dias do ano [12] [13].

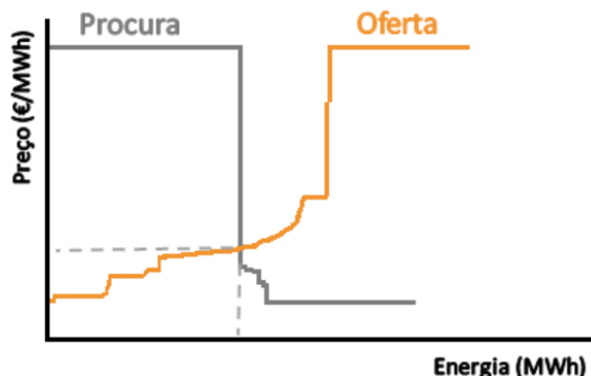


Figura 7 - Ilustração da formação do preço da energia elétrica [13]

Apesar dos preços serem obtidos para o mercado ibérico, onde se inclui Portugal e Espanha, é possível que se verifiquem diferenças nos preços praticados nos diferentes países, ou seja, por vezes existe um *spread* de preços entre os países. Este *spread* abrange vários fatores, onde está incluída a organização estrutural da produção em cada um dos países, a insuficiência das capacidades de interligação ou comportamento dos agentes. De modo a minimizar este *spread*, existe supervisão, a qual se dedica particularmente à verificação de comportamentos anti concorrenciais dos agentes [13].

Existe ainda a plataforma de mercado intradiário do MIBEL, a qual serve como complemento ao mercado diário, ocorrendo assim transações de energia elétrica que possibilitam ajustar as quantidades transacionadas no mercado diário [13].

A energia elétrica pode ainda ser adquirida num mercado a prazo, Operador de Mercado Ibérico de Energia – Polo Português (OMIP), em que se assegura a transação de energia e a fixação de preços para entrega futura, ou seja, realizam-se transações num determinado momento, mas a entrega física fica agendada para um futuro predefinido [12].

Tarifa fixa e tarifa indexada

Usualmente os clientes, principalmente os domésticos, estão habituados a pagarem por uma tarifa fixa, ou seja, o preço a pagar pela energia consumida é constante ao longo do período indicado no contrato realizado com o comercializador. No entanto, existe a possibilidade dos clientes, nomeadamente empresas e indústrias, optarem por outro tipo de modalidade, a qual pode ser ou não mais vantajosa para estes.

Em alternativa à tarifa fixa existe a tarifa indexada, a qual significa que o preço a pagar pela energia elétrica consumida é variável em função do preço de aquisição no mercado grossista. Isto significa que se paga pela energia o preço real a que a mesma se encontra a ser vendida no mercado elétrico, mais uma taxa de gestão que inclui os desvios no consumo, evitando-se assim o pagamento da percentagem de risco associada a toda a tarifa fixa.

Este tipo de tarifa acaba por ser vantajosa para o comercializador de energia elétrica, pois reduz o seu risco financeiro e aumenta a sua sustentabilidade económica [14]. Quanto ao consumidor, este pode vir a beneficiar dos preços associados a esta tarifa, principalmente se estiver perante uma instalação em que o consumo é maioritariamente realizado no inverno, período o qual em que a energia se encontra a um preço mais baixo no mercado elétrico.

Uma vez que o preço da tarifa varia em função do preço da energia no mercado diário de eletricidade (OMIE), o cliente deve realizar um estudo da sua fatura de acordo com o histórico de preços de anos anteriores publicados por esta entidade. Isto, pois o custo de eletricidade anual consumida pode vir a ser superior ou inferior ao custo associado à tarifa fixa, o que significa lucro ou prejuízo para o lado do consumidor.

Atualmente já existem opções de tarifa indexada com um preço máximo de tarifa assegurado pelo comercializador, ou seja, o valor a pagar pela energia nunca poderá ultrapassar um determinado limite, permitindo assim o cálculo do consumo elétrico anual para o caso mais desfavorável. No entanto, para além de um limite máximo de preço a pagar, existem comercializadores que impõe um limite mínimo, o qual não permite ao consumidor obter o maior lucro possível quando a energia se encontra a um preço muito baixo no mercado. Estas alternativas possibilitam ao consumidor limitar o prejuízo que pode vir a obter com as oscilações dos preços no mercado, assim como em alguns casos limitam o lucro máximo que pode ser obtido através das mesmas.

No segundo caso de estudo desenvolvido são abordadas as tarifas associadas ao mercado fixo e indexado, e o seu impacto na fatura energética do IKEA Industry.

O tema seguinte está essencialmente relacionado com o SMRE, onde é possível identificar os aspetos mencionados no tema anterior, nomeadamente os contadores utilizados.

4. PLATAFORMA DE MONITORIZAÇÃO DO CONSUMO ENERGÉTICO

Uma vez que a monitorização do consumo energético é um aspeto de grande relevância para o IKEA, pois permite a deteção de consumos anormais e a identificação de situações a corrigir e/ou melhorar, o primeiro trabalho desenvolvido durante o estágio enquadra-se neste âmbito, com o objetivo de identificar o desperdício energético nas instalações. Desta forma, a monitorização assenta essencialmente no período de não-produção, o qual corresponde à madrugada de sábado para domingo, mais especificamente das 24h de sábado às 7h de domingo, não descartando os restantes consumos ocorridos entre o período das 22h de sexta-feira às 23h de domingo.

Para o desenvolvimento deste trabalho definiu-se, junto da equipa de energia do IKEA Industry, quais os consumos relevantes para análise e como a mesma se iria proceder, concluindo-se que seria realizada uma análise idêntica para cada fábrica e uma para o global da instalação. Este global representa a soma do consumo das duas fábricas, o consumo identificado por alguns contadores que não está totalmente associado às fábricas e outros consumos que não estão associados às fábricas, mas sim apenas ao edifício, como por exemplo a iluminação exterior.

Desta forma, decidiu-se agrupar os consumos em 9 setores, sendo estes designados por filtros, compressores, central térmica, transporte, estação ambiental, iluminação (interior), edifício, máquinas e outros. Cada um destes setores abrange uma série de contadores, os quais se encontram no quadro geral de baixa tensão (QGBT) de cada posto de transformação (PT). Analisando a figura seguinte, é possível compreender como se encontra atualmente a instalação, nomeadamente a nível da quantidade de PTs, transformadores e contadores.

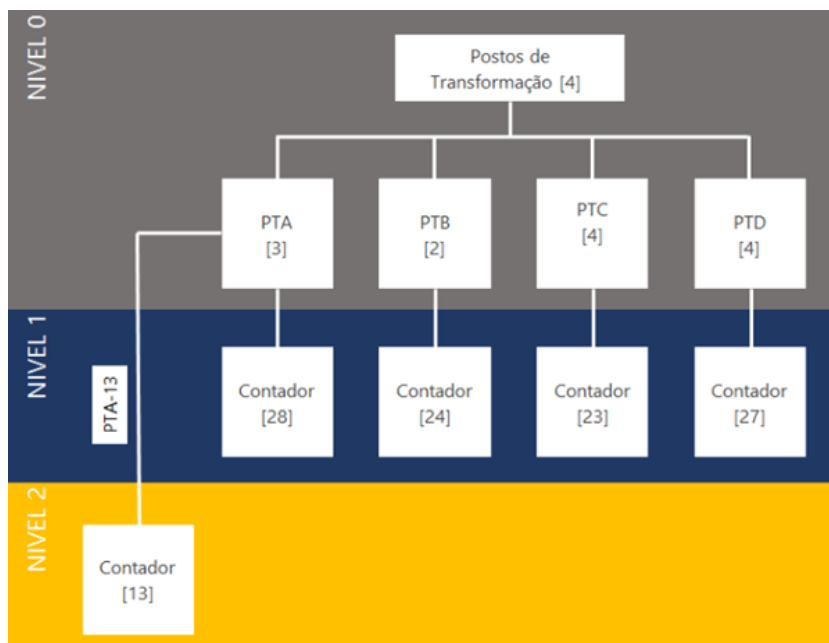


Figura 8 - Fluxograma dos Contadores

Como se pode verificar através da figura anterior, após a subestação encontram-se 4 PTs, os quais envolvem um conjunto de 13 transformadores, que por sua vez contabilizam um total de 115 contadores, estando estes ligados às saídas dos QGBTs com potências acima dos 75 kW. Em relação à diferença verificada no PTA-13 face aos outros transformadores, esta diz respeito a um novo transformador, o qual foi adicionado uns anos após a instalação ter sido concluída. Uma vez que não existia espaço suficiente no local para a instalação das várias saídas do QGBT para a ligação aos outros quadros, foi instalado um quadro geral, o qual deriva para outro quadro que se encontra dentro da PFF, que por sua vez deriva para outros quadros, possuindo um total de 13 contadores.

Relativamente aos aparelhos responsáveis por medir e enviar a informação em tempo útil, estes são idênticos ao equipamento presente na figura seguinte, a qual representa um multímetro da empresa ABB.



Figura 9 - Multímetro ABB - DMTME-I-485 [15]

A alimentação dos equipamentos/espacos presentes na PFF é realizada pelo PTA e PTB e os da BoF pelo PTC e PTD. No entanto, existem consumos onde é aplicada uma percentagem sobre os mesmos, de forma a definir o consumo correspondente a cada fábrica. Um exemplo desta prática é o que acontece com o consumo do armazém, onde 34% do consumo identificado pelo contador associado a este espaço pertence à PFF e a restante parte, 66%, pertence à BoF. Este tipo de percentagens foram obtidas através de medições efetuadas pelos técnicos antes da realização do estágio, as quais permitem potenciar o uso dos contadores, evitando-se assim investimentos dispendiosos na obtenção de mais equipamentos do mesmo tipo. Para além de se utilizar uma percentagem para a distinção do consumo de equipamentos/espacos partilhados, existem situações em que o consumo não pertence a nenhuma das fábricas, como é o caso do consumo associado à central térmica, estação ambiental, edifício e parte do transporte, entrando estas parcelas apenas na avaliação global.

A tabela seguinte indica os setores em estudo, assim como os contadores abrangidos pelos mesmos, encontrando-se a designação destes de acordo com o PT e o transformador em que se encontram, assim como o equipamento que monitorizam. Tomando como exemplo a nomenclatura atribuída ao contador responsável por identificar o consumo do compressor 2, PTC_T06_QCompressor2, facilmente se identifica que está ligado ao PTC, ao transformador 6 e que alimenta o quadro onde se encontra ligado o compressor 2, que por sua vez pertence à BoF.

Tabela 5 - Listagem dos contadores em análise

Filtros	Compressores	Máquinas	
PTA_T01_Filtro1	PTA_T01_Q_COMPRESSOR_C	PTA_T01_BBHomagL1	PTC_T06_BBHomagL2
PTA_T01_Filtro2_1	PTA_T02_QCompressoresPF	PTA_T01_Friulmak5_4	PTC_T07_BBbiesse
PTA_T01_Filtro2_2	PTC_T06_QCompressor2	PTA_T01_HomagL2	PTC_T07_BBHomagZK
PTA_T02_Filtro3	PTC_T08_QCompressor1	PTA_T01_LinhaCalibracao	PTC_T07_QLogistics1
PTA_T02_Filtro3_1	PTD_T09_QCompressor3	PTA_T01_Schelling	PTC_T08_QJoiningLine
PTA_T02_Filtro4	PTD_T10_QCompressor4	PTA_T02_A19	PTC_T08_QOrlage
PTB_T03_Filtro6Fan	Central Térmica	PTA_T02_BBmakorL11	PTD_T09_BBcrossLine
PTB_T04_Filtro5	PTC_T05_QAquecimento	PTA_T02_Friulmak5_3	PTD_T09_BBLacqueringL1
PTB_T04_Filtro6	Transporte	PTA_T02_FriulmakL5_2	PTD_T09_QLogistics2
PTC_T05_FILTRO_MOLDOW_ABS	PTC_T06_QCaldeira	PTA_T02_HomagL3_2	PTD_T09_QReparacao
PTC_T05_FiltroAbs	PTC_T07_QLinhaTransporte	PTA_T02_HomagL5_1	PTD_T10_BBInsertingLine
PTD_T09_FiltroCrossLine2	Estação Ambiental	PTA_T02_PaperWrapping	PTD_T11_BBcrossL2
PTD_T11_FiltroShelfLine	PTB_T04_PurificationPlant	PTA_T02_SidesDoors	PTD_T11_BBShelfLine
QENAVE_TRV_BUS_Filtro08	PTC_T06_QCaldeira	PTB_T03_B06	PTD_T11_QPackingMPS
QENAVE_TRV_BUS_Filtro09	Iluminação	PTB_T03_BBBurkleL13UV	PTD_T12_BBbosL1
QENAVE_TRV_BUS_Filtro10	PTD_T12_WHW3	PTB_T03_CeflaL14	PTD_T12_BBCompleteLine
QENAVE_TRV_BUS_Filtro11	PTB_T04_WarehouseBOF	PTB_T03_CeflaL15	PTD_T12_QPacking
QENAVE_TRV_FiltroTransporte	PTB_T04_IluminacaoP3	PTB_T03_FanArQuente	QENAVE_TRV_OrladoralMA
PTD_T10_QlaqueringL2	PTA_T02_IluminacaoP1	PTB_T03_ProcessL9	PTD_T10_BBbosL2
PTD_T12_Qlaquering4	PTD_T11_QEdificioM11	PTB_T04_B16	PTA_T01_LINHA_35
PTC_T05_QAspiracao3	PTA_T01_QM_15_5	PTB_T04_CeflaL16	PTA_T01_Q_CNC_C
PTC_T05_QAspiracao4	PTC_T07_QEdificioM2	PTB_T04_Linha22	PTA_T02_QCNC_A
PTC_T05_QAspiracao5	PTD_T12_QEdificioM6	PTB_T04_QTexoLogPacking	PTA_T01_HomagL3
PTC_T06_QAspiracao1	QM15_PM9C_Edificio	PTB_T04_QTexoLogPintura	QENAVE_PM710_EBD04
PTC_T07_QAspiracao2	Edifício	PTC_T05_QColdPress	QENAVE_PM710_FinishingLine
PTD_T11_QAspiracaoLacqL1	PTC_T07_PAVILHAO_SCHELLING2	PTC_T05_QFrames	Outros
PTD_T12_QAspiracaoLacqL2	PTA_T02_QSalaManutencao	PTC_T05_Schelling	PTA_T02_RedeSprinkler
PTC_T07_FilterCompleteLine	PTA_T02_IluminacaoP2Exterior	PTC_T06_BBHomagL1	PTC_T05_UPS_GALAXY_5500
PTD_T10_FiltroCrossLine1			

Estes contadores estão ligados em rede, através do protocolo Modbus *TCP/IP*, o que possibilita o envio dos dados para o *software* Wonderware, que por sua vez trata de os armazenar numa base de dados, sendo estes posteriormente disponibilizados e possíveis de aceder através do *software* Microsoft Excel.

O trabalho desenvolvido consiste em obter os valores dos consumos registados durante os fins-de-semana de 2016 e colocar os mesmos num formato *user-friendly*, possibilitando ao utilizador a identificação da evolução destes, desde as 22h de sexta-feira até às 23h de domingo, assim como da acumulação do consumo durante um período à escolha do utilizador, respeitando a limitação temporal existente.

Uma vez que existem lacunas nos dados disponíveis, isto é, para um determinado contador não existem os 24 valores de consumo registado em cada hora do dia, não é possível realizar um tratamento de dados de igual forma para todos os contadores. Este problema verifica-se na tabela seguinte, onde é também possível identificar casos em que o número de lacunas é superior ao número de valores registados.

Tabela 6 – Exemplo do registo dos consumos antes do tratamento de dados

	A	B	C	D
1	Data	Hora	Consumo [kWh]	Contador
43	29-07-2016	9	20	PTA_T01_Filtro1
44	29-07-2016	10	18	PTA_T01_Filtro1
45	29-07-2016	12	19	PTA_T01_Filtro1
46	29-07-2016	9	19	PTA_T01_Filtro2_1
47	29-07-2016	10	1	PTA_T01_Filtro2_1
48	29-07-2016	0	0	PTA_T01_Friulmak5_4
49	29-07-2016	2	0	PTA_T01_Friulmak5_4
50	29-07-2016	5	0	PTA_T01_Friulmak5_4
51	29-07-2016	11	0	PTA_T01_Friulmak5_4
52	29-07-2016	12	0	PTA_T01_Friulmak5_4
53	29-07-2016	13	0	PTA_T01_Friulmak5_4
54	29-07-2016	16	0	PTA_T01_Friulmak5_4
55	29-07-2016	17	0	PTA_T01_Friulmak5_4
56	29-07-2016	0	307	PTA_T01_GENERAL
57	29-07-2016	1	307	PTA_T01_GENERAL
58	29-07-2016	2	306	PTA_T01_GENERAL
59	29-07-2016	3	307	PTA_T01_GENERAL

Analisando a tabela anterior, onde se encontram os dados registados durante as horas do dia 29 de julho de 2016, é possível verificar, por exemplo, que o contador “PTA_T01_Filtro1” registou apenas três valores de consumo, nomeadamente 20 kWh às 9h, 18 kWh às 10h e 19 kWh às 12h. Estes consumos registados a cada hora não representam o valor instantâneo da potência nesse mesmo instante, nem o valor médio das várias potências que ocorreram em intervalos de 5 minutos durante a última hora, mas sim a energia acumulada desde a hora associada ao último valor de consumo registado, ou seja, no caso do terceiro valor registado pelo contador “PTA_T01_Filtro1”, este refere-se ao consumo registado desde as 10h até às 12h, o que significa que o consumo entre as 10h e as 11h foi muito baixo ou nulo, o que levou à existência de uma lacuna nos registos. No entanto, algumas lacunas ocultam valores de consumo, o que provoca um aumento significativo do consumo desde a última hora com consumo registado, até à hora em que o consumo é novamente registado pelo *software*. Apesar desta metodologia de registo de consumos permitir contornar as lacunas existentes, obtendo-se assim o valor real do consumo registado durante um intervalo de tempo composto por algumas horas, na eventualidade de se pretender avaliar o consumo numa determinada hora, o valor de consumo indicado pelo *software* pode ser referente ao somatório dos consumos realizados nas últimas horas em que não foram registados valores. Tomando o exemplo da tabela anterior, o valor de consumo associado ao contador “PTA_T01_Friulmak5_4” deixou de ser registado no dia 29 de julho às 17h, o que pode significar um registo de consumo elevado no dia 30 de julho às 0h, ou quando existir registo

de um novo valor, pois esse consumo irá englobar o somatório de todos aqueles consumos que ficaram por registar desde as 17h do dia 29. Como o objetivo é avaliar o consumo num espaço temporal de 7 horas, esta metodologia que se encontra a ser usada pelo sistema de monitorização do IKEA acaba por ser mais vantajosa face às outras metodologias de obtenção dos dados de consumo.

Uma vez que o objetivo é copiar todos os valores e coloca-los numa plataforma de monitorização como dados de *input*, foi necessário a contornar as lacunas existentes. Para tal, foi desenvolvido um algoritmo no *software* Matlab, o qual lê os valores presentes no documento Excel e organiza os mesmos numa matriz, a qual apresenta na primeira coluna os números de identificação dos contadores, sendo estes previamente atribuídos, e de seguida os 24 valores correspondes ao consumo registado em cada hora. Na tabela seguinte é possível verificar o resultado final, relativamente ao exemplo apresentado na tabela anterior, após o envio dos valores do Matlab para o Excel.

Tabela 7 – Exemplo do registo dos consumos após a aplicação do algoritmo

	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T
1															
2															
3	Contador	ID	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4	PTA_OUTROS	1	51.4	52.6	52.0	49.3	51.4	51.6	52.0	50.5	52.0	52.0	52.0	50.4	49.9
5	PTA_T01_BBHomagL1	2	4.5	4.8	5.1	5.1	5.4	5.1	5.4	5.1	5.1	3.5	4.3	8.8	6.0
6	PTA_T01_Filtro1	3	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.0	18.3	-	19.4
7	PTA_T01_Filtro2_1	4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.3	0.8	-	-
8	PTA_T01_FriulmakS_4	5	0.1	-	0.1	-	-	0.1	-	-	-	-	-	0.3	0.1
9	PTA_T01_GENERAL	6	306.6	307.2	306.0	306.6	308.4	306.6	309.0	309.6	312.6	352.8	332.4	315.6	336.6

Após este tratamento de dados realizado, resta obter apenas os valores de consumo dos contadores identificados na tabela 5, os quais serão os dados de *input* da plataforma desenvolvida. Através da utilização dos comandos disponíveis no Microsoft Excel, este processo é completamente automático, sendo apenas necessário aceder a uma outra folha de cálculo, a qual se encontra previamente formatada para obter os dados necessários, e copiar os valores presentes na mesma para a plataforma desenvolvida. Tendo em conta o exemplo em causa apresentado nas tabelas anteriores, a tabela seguinte representa como se encontram os dados de *input* após este processo.

Tabela 8 - Formato dos dados de *input*

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O
1			3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
2			Hora												
3			0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
4		PTA_T01_Q_COMPRESSOR_C	281.8	280.0	278.3	280.0	281.8	280.0	283.0	281.8	281.5	283.3	280.0	276.8	281.8
5		PTA_T02_QCompressoresPF	233.4	233.2	234.0	233.8	230.1	233.4	217.0	204.1	235.7	239.9	237.6	232.0	237.4
6		PTC_T06_QCompressor2	-	-	-	1172.5	-	-	-	-	-	-	-	-	-
7		PTC_T08_QCompressor1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	70.6	3.8
8		PTD_T09_QCompressor3	84.4	134.1	118.4	95.4	2.8	3.3	3.5	3.0	3.1	2.6	95.9	32.3	77.0
9		PTD_T10_QCompressor4	61.3	33.5	71.3	69.3	57.5	106.8	34.5	22.8	47.0	37.0	0.5	-	-
10		PTC_T05_QAquecimento	9.0	9.0	9.1	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0	9.0
11		PTA_T01_Filtro1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20.0	18.3	-	19.4
12		PTA_T01_Filtro2_1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	19.3	0.8	-	-

A partir do momento em que se colocam os dados de *input* na plataforma, a análise gráfica dos consumos associada a cada uma das fábricas e do global de toda a instalação torna-se imediatamente disponível, assim como um *report* dos resultados do fim-de-semana em causa. Estes dados, por defeito, dizem respeito ao consumo de energia elétrica ocorrido durante as primeiras sete horas de domingo, podendo o período de análise ser alterado na plataforma pelo utilizador. Na tabela seguinte é possível visualizar um dos *reports* obtidos, o qual é o resultado da introdução dos dados de *input* correspondentes ao consumo médio realizado durante os fins-de-semana de junho e julho.

Tabela 9 - *Report* da comparação global relativa à média dos consumos de fim-de-semana de junho e julho – Período: domingo 0h – 7h

Report - Site (Global)				
Fábrica	Consumo [kWh]	Custo	Encargo face ao consumo do local	Encargo face ao consumo do site
Site_1	7 620	697 €	-20%	
Site_2	6 117	560 €		
Diminuiu -	1 503	- 137 €		
PFF_1	3 546	324 €	-28%	47%
PFF_2	2 536	232 €		41%
Diminuiu -	1 009	- 92 €		-5%
BoF_1	3 106	284 €	-13%	41%
BoF_2	2 696	247 €		44%
Diminuiu -	410	- 37 €		3%
Setor	Consumo [kWh]	Custo	Encargo face ao consumo do setor	Encargo face ao consumo do site
Compressores_1	2 250	206 €	-25%	30%
Compressores_2	1 678	154 €		27%
Diminuiu -	572	- 52 €		-2%
Central Térmica_1	93	9 €	-39%	1%
Central Térmica_2	57	5 €		1%
Diminuiu -	36	- 3 €		0%
Filtros_1	277	25 €	-44%	4%
Filtros_2	154	14 €		3%
Diminuiu -	123	- 11 €		-1%
Transporte_1	435	40 €	-32%	6%
Transporte_2	297	27 €		5%
Diminuiu -	137	- 13 €		-1%
Estação Ambiental_1	552	50 €	-48%	7%
Estação Ambiental_2	287	26 €		5%
Diminuiu -	265	- 24 €		-3%
Iluminação_1	1 858	170 €	-21%	24%
Iluminação_2	1 475	135 €		24%
Diminuiu -	383	- 35 €		0%
Outros_1	31	3 €	-25%	0%
Outros_2	23	2 €		0%
Diminuiu -	8	- 1 €		0%
Máquinas_1	1 994	182 €	-12%	26%
Máquinas_2	1 760	161 €		29%
Diminuiu -	234	- 21 €		3%
Edifício_1	129	12 €	199%	2%
Edifício_2	385	35 €		6%
Aumentou	256	23 €		5%

Conforme é possível verificar na tabela anterior, existem dados com a designação “_1” e “_2”, dizendo isso respeito aos resultados associados aos dados de *input* 1 e aos de *input* 2, respetivamente, não sendo obrigatória a inserção de ambos. Isto deve-se ao facto de ter sido incluída na plataforma a possibilidade de colocar os dados de consumo de dois fins-de-semana, possibilitando a verificação de alterações entre diferentes períodos. É também

possível verificar, para além do consumo elétrico e da evolução de um fim-de-semana para outro, o respetivo custo monetário, o qual foi obtido através da multiplicação do consumo pelo preço de 0,0915 €/kWh, valor este indicado pelo responsável da parte energética do IKEA.

No Anexo A do presente trabalho encontram-se todos os restantes gráficos e *reports* obtidos através deste estudo, exceto os individuais correspondentes ao mês de julho, pois a metodologia utilizada para o mês de junho é exatamente a mesma, evitando-se assim a repetição de gráficos idênticos. O acompanhamento dos resultados obtidos pode ser realizado com o auxílio da ilustração seguinte.

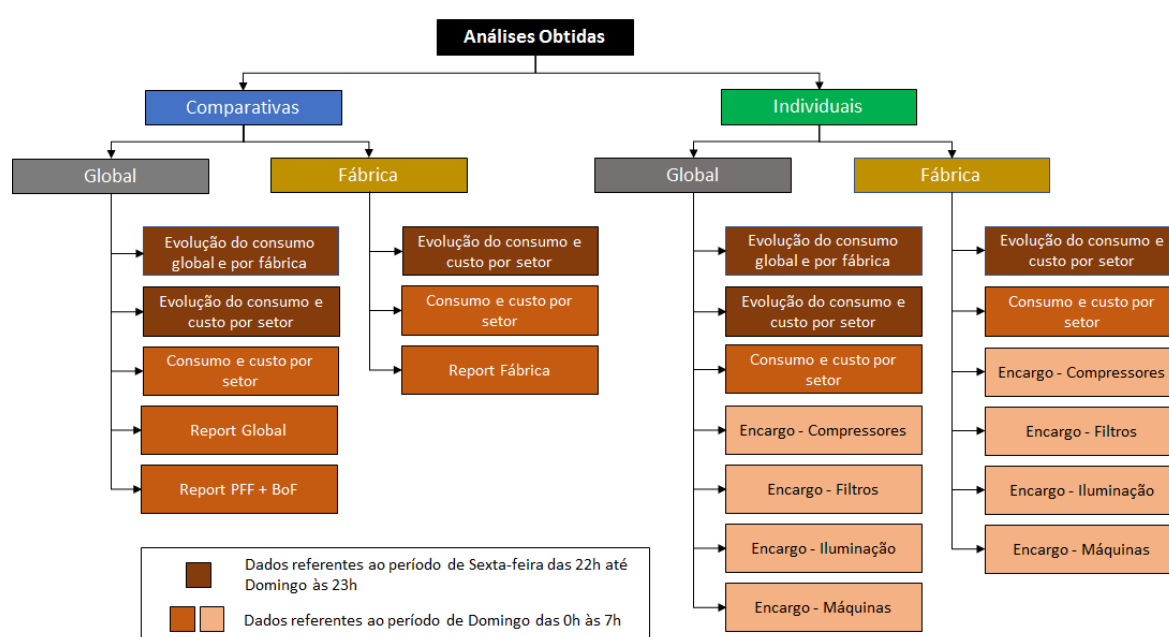


Ilustração 1 - Estrutura dos resultados obtidos

Os dados presentes no *report*, assim como os gráficos que contêm informações referentes ao mesmo, são dinâmicos, alterando-se conforme o período de análise selecionado, encontrando-se este por defeito das 0h às 7h de domingo, não excluindo a possibilidade de expansão do período de análise para as 22h de sexta-feira até às 23h de domingo.

Como resultado da utilização desta plataforma, foi possível perceber a origem dos consumos existentes durante as horas de não-produção, os quais não produzem qualquer valor para o IKEA. Desta forma, foi possível aos responsáveis das fábricas tomarem medidas relativamente a estes mesmos consumos, as quais apresentam resultados visíveis na análise dos vários *reports* obtidos através da média mensal, de janeiro a julho, do consumo existente

durante o período em causa. O resumo destes *reports*, relativamente à análise global, encontra-se na seguinte tabela.

Tabela 10 - Resumo dos *reports* globais obtidos através das médias mensais de janeiro a julho

Report - Global				
Fábrica	Consumo [kWh]	Custo	Evolução face ao consumo anterior	Encargo face ao consumo global
Janeiro	9.360	856 €		
Fevereiro	11.495	1.052 €	23%	
Março	9.432	863 €	-18%	
Abril	11.065	1.012 €	17%	
Mai	9.848	901 €	-11%	
Junho	7.620	697 €	-23%	
Julho	6.117	560	-20%	
PFF_Jan	4.752	435 €		51%
PFF_Fev	6.581	602 €	38%	57%
PFF_Mar	5.775	528 €	-12%	61%
PFF_Abr	6.002	549 €	4%	54%
PFF_Mai	4.834	442 €	-19%	49%
PFF_Jun	3.546	324 €	-27%	47%
PFF_Jul	2.536	232 €	-28%	41%
BoF_Jan	2.860	262 €		31%
BoF_Fev	2.856	261 €	0%	25%
BoF_Mar	2.464	225 €	-14%	26%
BoF_Abr	3.242	297 €	32%	29%
BoF_Mai	3.327	304 €	3%	34%
BoF_Jun	3.106	284 €	-7%	41%
BoF_Jul	2.696	247 €	-13%	44%

Conforme é possível verificar, através da tabela anterior, a média do consumo ocorrido nas primeiras sete horas dos domingos de janeiro e de março é significativamente menor do que a média do consumo registado durante o mesmo período de tempo em fevereiro. Este desvio deve-se ao facto da média de janeiro e de março englobar feriados associados a épocas festivas, nomeadamente o ano novo e a Páscoa, respetivamente. O gráfico seguinte indica a variação registada com e sem a inclusão dos consumos associados às épocas festivas em janeiro e março.

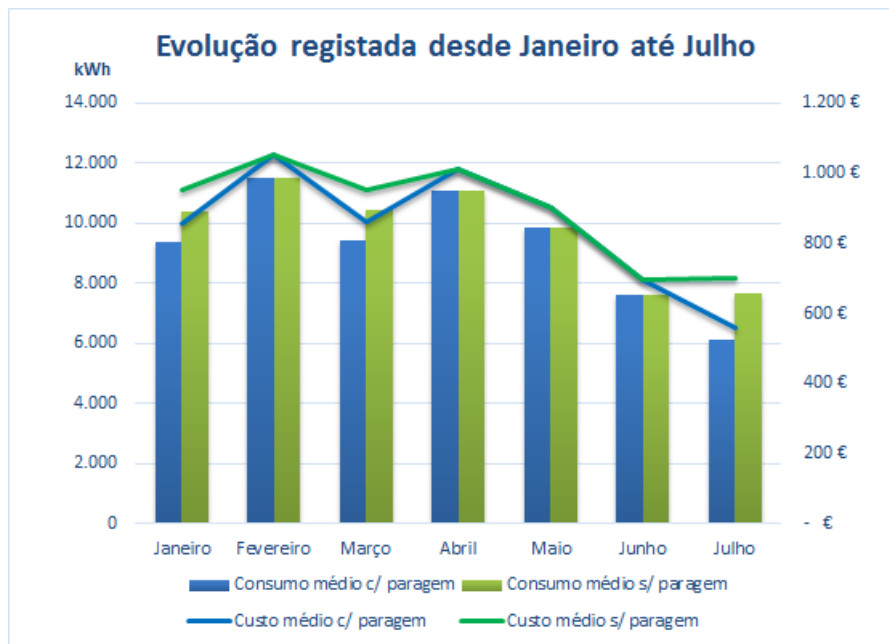


Gráfico 1 - Evolução do consumo e custo de janeiro até julho

No gráfico anterior, verifica-se que se a média de janeiro e de março englobasse apenas três fins-de-semana, o consumo associado a estes meses seria mais próximo do consumo registado em fevereiro, verificando-se a grande descida apenas a partir de maio. Relativamente à diferença verificada no mês de julho, esta deve-se à semana de manutenção das fábricas, em que se efetuou o corte da energia.

Tendo em conta que o estágio teve início em março e que este trabalho apenas ficou totalmente funcional e foi utilizado em reuniões a partir do início de maio, é possível concluir que o mesmo contribuiu para a deteção do desperdício energético e consequentemente para a criação de medidas corretivas, as quais foram implementadas de forma a obter os resultados visíveis nos meses de junho e de julho.

Conforme é possível verificar, comparando o mês de fevereiro, em que não existiram épocas festivas, com o mês de junho, contabiliza-se uma diminuição de 3.875 kWh, o que representa 355€, relativamente à média das primeiras sete horas dos domingos. Logo, tendo em conta que num ano existem 52 semanas, estes valores, multiplicados pelo número de domingos num ano, representariam 201.500 kWh, o que equivale a 18.460€ de poupança anual.

Tendo como referência uma residência habitada por um casal com dois filhos, com um consumo elétrico anual de 5.000 kWh, então a poupança energética anual obtida seria suficiente para alimentar 40 edifícios idênticos durante o período de um ano [16].

Para além da poupança monetária através da diminuição do consumo energético, é também possível poupar através da correta escolha de comercializador. O seguinte caso de estudo está relacionado com essa mesma escolha, com o intuito de indicar ao consumidor qual a melhor proposta apresentada pelos comercializadores de energia elétrica.

5. SIMULADOR DE TARIFAS ELÉTRICAS

Sendo a escolha do comercializador de energia elétrica um aspeto relevante no custo final a pagar pela eletricidade consumida, é necessário optar pela proposta mais vantajosa no momento da renovação do contrato de eletricidade, a qual, no caso do IKEA, é no início de maio. Desta forma, no âmbito de permitir à empresa a identificação anual da melhor proposta, tanto a nível do comercializador como do tipo de tarifa (fixa ou indexada), foi desenvolvido um simulador, no *software Microsoft Excel*, capaz de calcular o valor anual a pagar pela energia elétrica, de acordo com os consumos energéticos de 2014 e 2015, assim como os respetivos preços do OMIE.

Numa primeira fase do trabalho, foi realizado o levantamento dos dados necessários para o cálculo do custo energético, os quais diferem conforme o tipo de tarifa. Isto é, no caso da tarifa fixa, registaram-se os preços praticados pelos comercializadores para o consumo em horas de ponta, cheias, vazio normal e super vazio, e, no caso das propostas de tarifa indexada, o valor de outras variáveis de cálculo utilizadas, sendo que a sua designação e valor variam de acordo com o comercializador energético.

De forma a exemplificar o funcionamento do cálculo do custo da energia elétrica na opção de tarifa indexada, o qual varia conforme o comercializador, é possível analisar as seguintes equações, as quais pertencem a diferentes comercializadores de energia elétrica.

$$\begin{aligned} &\text{Custo (comercializador 1)} \\ &= [\sum \text{OMIE } h, d \times (1 + K_{h, d}) + W_i] \times \text{Consumo } h, d \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} &\text{Custo (comercializador 2)} \\ &= \sum (\text{OMIE } h, d + W) \times (1 + K_{h, d}) \times \text{Consumo } h, d \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{Custo (comercializador 3)} \\ = \sum \text{Consumo h,d} \times [(\text{OMIE h,d} + W_i) \times (1 + K_i) + C] \quad (3)$$

Analisando as duas primeiras equações, é possível verificar a utilização, para além do consumo energético a cada hora do dia (Consumo h,d), de três variáveis distintas. Estas variáveis dizem respeito ao preço do OMIE praticado a cada hora do dia (OMIE h,d), ao coeficiente de perdas na rede para cada período horário (K h,d), o qual é publicado anualmente pela ERSE, e a um coeficiente aditivo (W), o qual está relacionado com o preço imposto pelo comercializador, podendo este variar conforme o período horário (equação 1) ou ser fixo (equação 2). Observando a terceira equação, é possível identificar ainda uma constante (C), a qual se mantém inalterável independentemente do período horário em causa. Como se pode verificar, apesar do simulador recorrer a oito diferentes fórmulas de cálculo, cada uma associada a um comercializador de energia elétrica diferente, é possível perceber que estas não diferem muito entre si, sendo a tarefa mais difícil a atribuição de um consumo e preço de OMIE para cada hora do dia, de forma a permitir o cálculo do custo energético.

A segunda fase do simulador consistiu na obtenção dos dados referentes às faturas energéticas dos anos 2014 e 2015, o que possibilitou a identificação do consumo energético registado em cada período horário de cada mês, assim como o respetivo preço do OMIE, deixando de ser necessário realizar o cálculo do custo energético para cada hora do dia, o qual é substituído pelo cálculo mensal de cada período horário. Na tabela seguinte é possível verificar como estes dados se encontram na fatura energética.

Tabela 11 - Composição da fatura de eletricidade do IKEA Industry

Termo Energia Variável					
Ponta - P1:	630.261 kWh	x	0,034254	Eur/kWh	= 21.588,96 Eur
Cheias - P2:	3.029.802 kWh	x	0,029393	Eur/kWh	= 89.054,97 Eur
Vazio Normal - P3:	978.453 kWh	x	0,020974	Eur/kWh	= 20.522,07 Eur
Super Vazio - P4:	841.068 kWh	x	0,019769	Eur/kWh	= 16.627,07 Eur
Total:					147.793,07 Eur
Pass Pool Horário					
Ponta - P1:	34.212,32322 Eur	x	1,033	=	35341,33 Eur
Cheias - P2:	169.665,48407 Eur	x	1,03	=	174755,45 Eur
Vazio Normal - P3:	48.571,56594 Eur	x	1,029	=	49980,14 Eur
Super Vazio - P4:	38.617,54406 Eur	x	1,026	=	39621,60 Eur
Total:					299.698,52 Eur

Como se pode verificar pela tabela anterior, o valor do preço do OMIE não aparece diretamente na fatura, no entanto, este encontra-se na parcela “PASS POOL HORARIO”.

Para obter os valores pretendidos, é necessário proceder à divisão dos valores monetários que se encontram nesta parcela a multiplicar pelas perdas na rede, pelo respetivo consumo indicado na parcela “TERMO ENERGIA VARIÁVEL”. No caso desta fatura, o preço do OMIE em horas de ponta seria calculado da seguinte forma:

$$OMIE(P1) = \frac{34.212,32322}{630.261} = 0,05428 \text{ €/kWh} \quad (4)$$

Combinando as fórmulas fornecidas pelos comercializadores, para tarifa indexada, e os dados obtidos através das faturas, resta apenas calcular o custo energético para cada período horário de cada mês, ou seja, recorrendo à fórmula referente ao comercializador 1 como exemplo, utilizando uma variável “m”, a qual corresponde ao mês, e uma variável “i”, que corresponde ao período horário, a expressão do cálculo do custo energético anual seria:

$$\begin{aligned} & \text{Custo anual (1)} \\ &= \sum_{m=1}^{12} \sum_{i=1}^4 [(OMIE(m, i) \times (1 + K(m, i)) \\ &+ W(m, i)) \times \text{Consumo (m, i)}] \end{aligned} \quad (5)$$

Como as fórmulas de cálculo tendem a permanecer iguais de ano para ano, alterando-se apenas o valor das variáveis atribuídas pelos fornecedores e as perdas pela ERSE, o simulador continuará totalmente operacional, sendo apenas necessário alterar estas variáveis, no caso da tarifa indexada, e atualizar os preços praticados pelos fornecedores na tarifa fixa.

Uma vez que estão disponíveis todos os dados relativos ao consumo e preços de mercado de 2014 e 2015, o simulador permite ao utilizador escolher com que dados deseja realizar a simulação, possibilitando ainda a combinação dos consumos de um ano com os preços do outro e vice-versa, ou seja, é possível calcular o custo energético final, relativo à tarifa fixa e indexada, utilizando na sua fórmula de cálculo os consumos reais efetuados em 2014 e os preços do OMIE de 2015.

Sendo que o ano civil tem início em janeiro e o ano fiscal da empresa em setembro, foi também adicionada a opção de simulação para o ano fiscal de 2015 e 2016, apesar de que a simulação para o ano fiscal de 2016, tal como para o respetivo ano civil, só ficará totalmente

completa no final do ano, pois só nessa data é que estarão disponíveis todos os dados anteriormente mencionados para a realização do cálculo do custo energético.

Tendo em conta que os períodos de consumo e preços do OMIE devem ser homólogos, o simulador não permite o cálculo do custo energético quando selecionado o período de consumo para o ano fiscal e o período dos preços do OMIE para o ano civil e vice-versa. O erro obtido é visível na figura seguinte.

Simular com preços do OMIE referentes ao período:		Período de comparação inválido!	Simular com consumos referentes ao período:	
Ano Fiscal 2015			Ano Civil 2015	
			Ano Civil 2014 Ano Civil 2015 Ano Civil 2016 Ano Fiscal 2015 Ano Fiscal 2016	
Mercado Indexado				
[CONFIDENCIAL]				
$P_i = \sum OMIE \times (1+K_i) + B_i$				
Período	Ponta	Cheias	Vazio Normal	Super Vazio
B _i	0,003728	0,002868	0,003482	0,002652
Custo por período	- €	- €	- €	- €
Custo Final	Comparação Inválida	Pretende excluir este comercializador?		Não

Figura 10 - Erro associado à seleção de períodos não-homólogos

Conforme é possível verificar na figura anterior, para cada comercializador, o utilizador necessita apenas de preencher as células referentes ao valor das variáveis utilizadas na equação do custo, as quais, no caso da figura anterior, dizem respeito ao valor de “B_i” em horas de ponta, cheias, vazio normal e super vazio. Na figura é também possível identificar a opção de exclusão do comercializador da lista, a qual pode ser utilizada numa segunda ou terceira fase do concurso, assim como na eventualidade do comercializador não concorrer no próximo ano.

Após o preenchimento deste tipo de células para todos os comercializadores, o simulador indica numa tabela os valores do custo anual de energia elétrica associado ao tipo de tarifa indexada, e noutra tabela ao lado o custo associado ao tipo de tarifa fixa. Estas tabelas encontram-se ordenadas de forma idêntica, que por sua vez é a ordem pela qual os fornecedores estão apresentados no simulador, possibilitando a comparação do custo final associado ao mercado fixo com o custo final associado ao mercado indexado para o mesmo comercializador. De seguida, encontram-se outras duas tabelas, também estas lado a lado, ordenadas de forma crescente, possibilitando uma breve identificação das soluções mais económicas para o utilizador, tanto a nível de tarifa fixa como indexada. A figura seguinte

indica de que forma se encontram estas tabelas, de acordo com o consumo e preços do OMIE de 2014.

Comparação do Tipo de Tarifa						
Mercado Indexado		Mercado Indexado vs Mercado Fixo			Mercado Fixo	
Endesa	2.703.777 €	-	83.533 €	-3%	Endesa	2.620.245 €
EDP	2.676.055 €	-	38.507 €	-1%	EDP	2.637.547 €
Galp	2.727.255 €	-	14.767 €	-1%	Galp	2.712.488 €
Axpo	2.708.022 €	-	32.523 €	-1%	Axpo	2.675.499 €
Iberdrola	2.693.930 €	-	45.932 €	-2%	Iberdrola	2.647.998 €
Acciona	2.725.057 €	-	79.184 €	-3%	Acciona	2.645.873 €
Energia Simples	Excluído	-	-	-	Energia Simples	2.613.982 €
Ylce	Excluído	-	-	-	Ylce	2.758.503 €

Comparação Ordenada (por ordem crescente)						
Mercado Indexado		Mercado Indexado vs Mercado Fixo			Mercado Fixo	
EDP	2.676.055 €	-	62.073 €	-2%	Energia Simples	2.613.982 €
Iberdrola	2.693.930 €	-	73.685 €	-3%	Endesa	2.620.245 €
Endesa	2.703.777 €	-	66.230 €	-2%	EDP	2.637.547 €
Axpo	2.708.022 €	-	62.149 €	-2%	Acciona	2.645.873 €
Acciona	2.725.057 €	-	77.059 €	-3%	Iberdrola	2.647.998 €
Galp	2.727.255 €	-	51.756 €	-2%	Axpo	2.675.499 €
-	-	-	-	-	Galp	2.712.488 €
-	-	-	-	-	Ylce	2.758.503 €

Figura 11 - Resultado da simulação com dados de 2014

Como é possível constatar através da figura anterior, utilizando os dados fornecidos pelos comercializadores para o ano de 2016 e os consumos e preços do OMIE de 2014, a solução mais económica, no que diz respeito à tarifa indexada, seria a da EDP, no entanto, acaba por perder face à proposta de tarifa fixa apresentada pela Energia Simples. O período selecionado relativamente ao preço do OMIE utilizado nesta simulação é o mais favorável ao tipo de tarifa indexada, pois ao contrário do ano 2015, o ano 2014 foi um ano mais chuvoso, o que teve influência na energia produzida através de fontes renováveis, que por sua vez teve influência no preço da energia elétrica, tornando este mais baixo. Na figura é ainda possível identificar a exclusão da proposta de tarifa indexada da Energia Simples e da Ylce, devendo-se isto ao facto do não cumprimento do prazo de entrega dos valores das suas variáveis de cálculo.

Como resultado da simulação anterior, o simulador apresenta vários gráficos, os quais dizem respeito ao perfil de consumo da instalação ao longo do ano, à distribuição do consumo pelos diferentes períodos horários, à comparação do custo da tarifa indexada com a tarifa fixa ao longo do ano, à distribuição do custo associado às tarifas pelos quatro períodos horários e o seu perfil de custo ao longo do ano. De seguida encontram-se os principais gráficos gerados pelo simulador, encontrando-se a composição do perfil de custo associado às duas opções de tarifa no Anexo B.

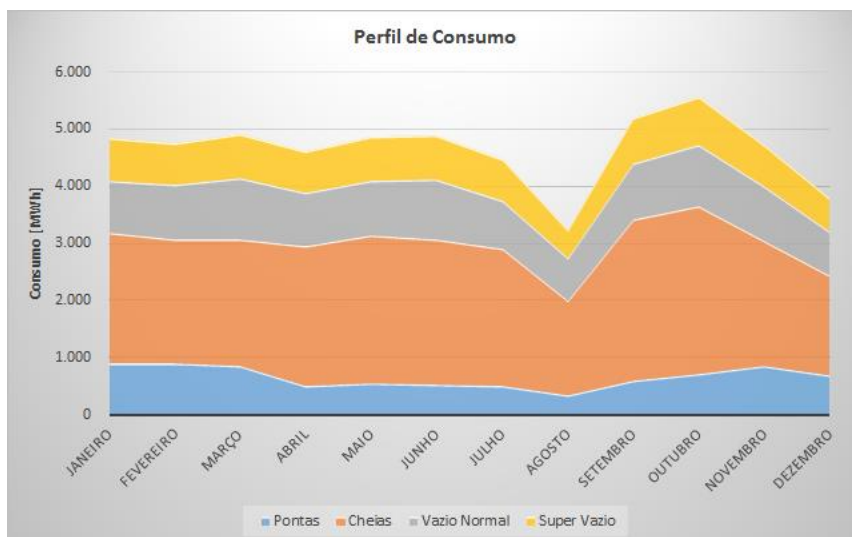


Gráfico 2 - Perfil de Consumo - 2014

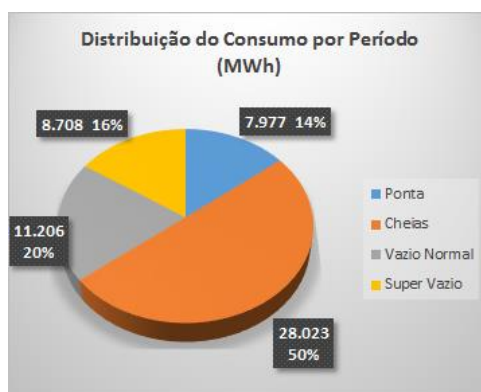


Gráfico 3 - Distribuição do consumo por período - 2014

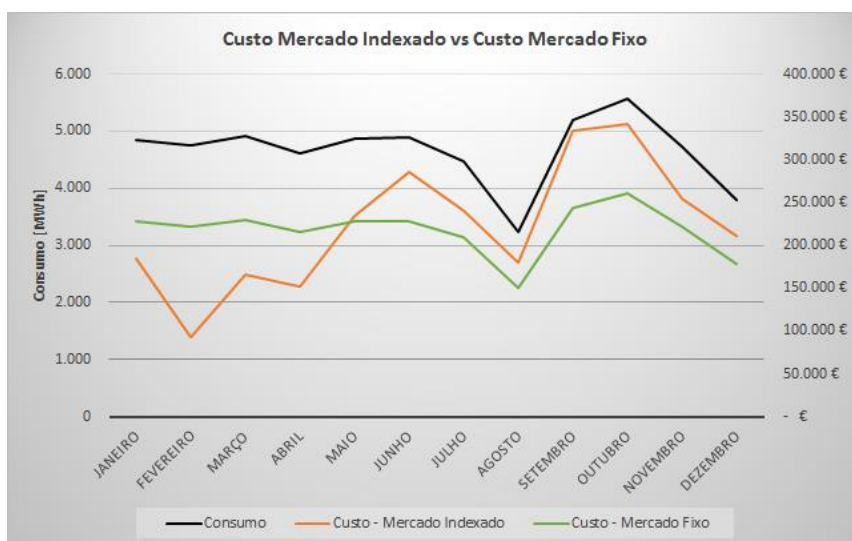


Gráfico 4 - Comparação das Tarifas – Dados de 2014

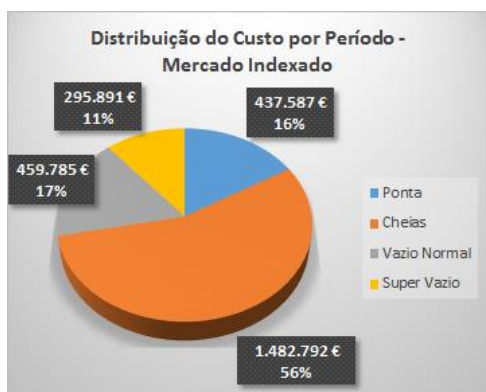


Gráfico 5 - Distribuição do custo por período – Mercado Indexado

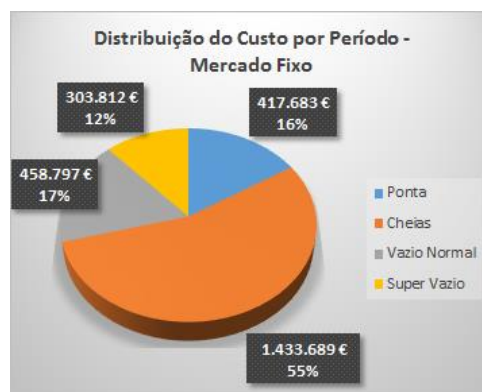


Gráfico 6 - Distribuição do custo por período – Mercado Fixo

Conforme mencionado anteriormente, no gráfico 4 é possível explicar o baixo custo associado à tarifa indexada face à fixa no início do ano, uma vez que se trata do período mais chuvoso do mesmo, existindo uma maior produção hidroelétrica. O mesmo já não acontece no período mais seco do ano, onde a tarifa fixa acaba por levar vantagem sobre a indexada.

Uma vez que estes valores monetários até agora indicados apenas dizem respeito à parcela associada ao custo do comercializador, a qual é suficiente para indicar qual a melhor proposta apresentada, resta acrescentar os custos associados à TAR em AT, de modo a possibilitar a obtenção do valor do custo total a pagar pelo consumo da energia ativa. Desta forma, desenvolveu-se uma segunda parte do simulador, a qual permite o cálculo do custo de TAR utilizando as tarifas de 2014, 2015 ou 2016, conforme a escolha do utilizador. Para isso foi necessário um novo levantamento de dados sobre a potência contratada e a potência em horas de ponta registada em cada mês, sendo esta última o resultado da divisão do consumo em horas de ponta de cada mês pelas respetivas horas de ponta do mesmo.

Tal como no caso anterior, não é permitida a utilização de períodos de avaliação distintos, exigindo a obrigatoriedade de ser selecionado um período para aplicação da TAR de acordo com o período do consumo selecionado na primeira parte do simulador. Na figura seguinte é possível identificar este pormenor, assim como os resultados obtidos, os quais englobam os resultados da simulação anterior.

Avaliar o consumo de:		Ano Civil 2014					
Calcular parcela TAR de acordo com o período:		Ano Civil 2016					
		Ano Civil 2014 Ano Civil 2015 Ano Civil 2016 Ano Fiscal 2015 Ano Fiscal 2016					
Resultados	Pontas	Cheias	Vazio Normal	Super Vazio	Php	PC	Total
Consumo [MWh]	7.977	28.023	11.206	8.708			55.914
Encargo	14%	50%	20%	16%			
Custo - TAR	262.458 €	798.643 €	210.673 €	161.106 €	344.965 €	62.155 €	1.840.000 €
Custo - M.I	437.587 €	1.482.792 €	459.785 €	295.891 €			2.676.055 €
Custo - M.F	417.683 €	1.433.689 €	458.797 €	303.812 €			2.613.982 €
Total - M.I	700.044 €	2.281.434 €	670.459 €	456.998 €	344.965 €	62.155 €	4.516.055 €
Encargo - M.I	15,5%	50,5%	14,8%	10,1%	7,6%	1,4%	
Preço E.E [€/kWh]	0,0878 €	0,0814 €	0,0598 €	0,0525 €			0,0808 €
Encargo - TAR	37%	35%	31%	35%	100%	100%	41%
Encargo - M.I	63%	65%	69%	65%			59%
Total - M.F	680.140 €	2.232.332 €	669.471 €	464.919 €	344.965 €	62.155 €	4.453.982 €
Encargo	15,3%	50,1%	15,0%	10,4%	7,7%	1,4%	
Preço E.E [€/kWh]	0,0853 €	0,0797 €	0,0597 €	0,0534 €			0,0797 €
Encargo - TAR	39%	36%	31%	35%	100%	100%	41%
Encargo - M.F	61%	64%	69%	65%			59%

Figura 12 - Resultado final com custos de acesso à rede em AT de 2016

Conforme é possível verificar através da figura anterior, os resultados obtidos permitem identificar o custo energético associado à TAR em cada período horário e o custo referente à potência em horas de ponta e potência contratada. Da mesma forma que o custo da energia se encontra discriminado, em relação à parcela do custo de acesso à rede, o mesmo acontece no caso da tarifa fixa e indexada, possibilitando a identificação do preço total a pagar pela energia em cada período horário de acordo com o tipo de tarifa. É ainda possível perceber o encargo dos custos de acesso à rede, os quais se encontram acima dos 30% do custo energético a pagar em cada período horário, e, com a adição do custo da potência contratada e potência em horas de ponta, superam os 40% do total do valor anual a pagar.

Com a adição destes custos, os gráficos anteriores sofrem algumas alterações (consultar gráficos presentes no Anexo B), registrando assim o valor total a pagar associado a cada um dos diferentes períodos horários.

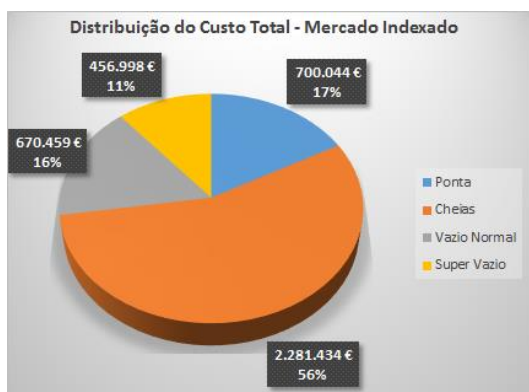


Gráfico 7 - Distribuição do custo por período – Mercado Indexado

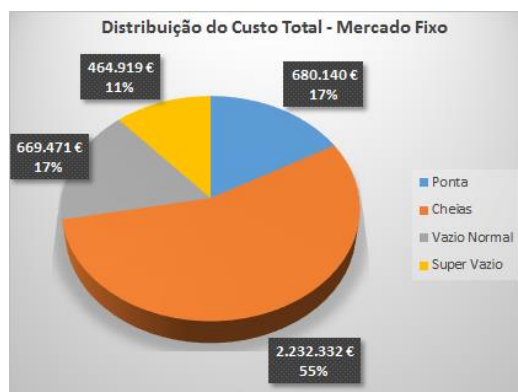


Gráfico 8 - Distribuição do custo por período – Mercado Fixo

Face aos resultados obtidos através deste simulador, uma vez que foi utilizada a simulação mais favorável à tarifa indexada, é possível concluir que a tarifa fixa, nomeadamente a da Energia Simples, é a opção mais vantajosa. No entanto, é também possível verificar que o custo final da energia elétrica associado à tarifa indexada da EDP, apesar de ser o mais baixo custo associado a este tipo de tarifa, é maior do que o custo associado à tarifa fixa, o que permite chegar a outro tipo de conclusão. Isto é, partindo do princípio de que os preços praticados pelos comercializadores, no que diz respeito aos da tarifa fixa, são obtidos através de estudos do mercado energético, de forma a garantir lucro aos comercializadores no processo de compra e venda da energia elétrica, então é possível presumir que os preços da tarifa fixa dos comercializadores funcionam como um limite mínimo para garantir lucro. Logo, apesar do valor do custo total associado à tarifa indexada da EDP ter sido superior ao valor do custo total associado à tarifa fixa, é possível considerar que o mesmo será igual ou inferior ao valor obtido através da tarifa fixa, pois à partida significa que os preços do OMIE de 2016 serão inferiores aos de 2014.

Assumindo desta forma que o custo associado à tarifa indexada da EDP será igual ou inferior ao da tarifa fixa, resta comparar este com o da tarifa fixa da Energia Simples. A diferença entre estes dois custos é de 23.566 €, o que representa 0,89% do custo associado à tarifa fixa da EDP.

Este pressuposto baseia-se essencialmente no acompanhamento contínuo das faturas energéticas realizado pelo IKEA, desde maio de 2015, o qual demonstra ao longo dos meses o custo real a pagar, associado à tarifa indexada, e o custo que seria pago se o IKEA tivesse

optado pela tarifa fixa do mesmo fornecedor. Este acompanhamento tem demonstrado que existem períodos em que o IKEA perde dinheiro, mas que posteriormente consegue recuperar, terminando o ano com lucro face à escolha da tarifa fixa. Tendo em conta o período de maio de 2015 a abril de 2016, em que a diferença do custo real (tarifa indexada) face ao custo associado à tarifa fixa foi de 216.197 €, o que representa 3,44 % do custo associado à tarifa fixa desse mesmo período, e nos anos de 2013 e 2014 o ganho foi ainda superior, estimando-se um valor a rondar os 400.000€, à partida, a diferença verificado para 2016, de 23.566 € (0,89%), será compensada pelo lucro que se irá gerar, tornando a opção da tarifa indexada da EDP como a mais vantajosa.

Com estes dois casos de estudo é possível verificar poupanças monetárias associadas à diminuição do consumo energético e à escolha da melhor proposta apresentada pelos comercializadores de energia elétrica. No entanto, foi desenvolvido um outro caso de estudo referente à poupança monetária associada à troca da iluminação atual da instalação por luminárias LED, encontrando-se este no capítulo seguinte.

6. ANÁLISE DE PROPOSTAS DE RENOVAÇÃO DA ILUMINAÇÃO INTERIOR

Uma vez que a utilização da iluminação com tecnologia LED faz parte do plano de sustentabilidade do IKEA e existem propostas para a renovação da iluminação interior das fábricas, a qual é maioritariamente realizada com lâmpadas fluorescentes T5, foi desenvolvido um trabalho no âmbito de identificar qual das propostas apresentadas seria mais interessante do ponto de vista económico.

Este trabalho foi dividido em três fases, começando pelo levantamento do número e potência das lâmpadas utilizadas atualmente, de forma a contabilizar o consumo energético atual associado à iluminação, permitindo verificar qual a poupança energética oferecida pelas propostas recebidas. Numa segunda fase do trabalho, foi realizado um documento que permite verificar se os parâmetros luminotécnicos presentes nos relatórios gerados pelo *software Dialux*, os quais foram fornecidos pelas diferentes empresas presentes no concurso, estavam de acordo com os requisitos impostos pelo IKEA e se todos os fornecedores apresentaram os documentos exigidos pela empresa, os quais estão relacionados com as características das luminárias. Por último, foi realizado um mapa de quantidades com as respetivas potências das lâmpadas, de forma a verificar qual seria o consumo energético associado a cada proposta, permitindo assim a análise económica das mesmas.

O levantamento da potência e quantidade das lâmpadas atuais foi dividido em duas partes, de forma a distinguir as que são utilizadas nas zonas de produção e armazém das restantes, as quais fazem parte dos escritórios e de outras salas, em que a utilização da iluminação é menor. Esta divisão está relacionada com o número de horas em que a iluminação se encontra ativa em cada um destes locais, pois é necessário considerar um valor de horas de funcionamento para o cálculo da energia consumida, assim como para a determinação do custo de manutenção da iluminação. Desta forma, considerou-se um período de funcionamento de 24 horas por dia nas zonas de produção e armazém, e de 12 horas por dia

nas restantes. A tabela seguinte indica a constituição, a nível do número e potência das lâmpadas, de cada luminária presente no IKEA.

Tabela 12 - Constituição das luminárias atuais

Tipo de luminária	Número de lâmpadas	Potência/lâmpada [W]	Potência/luminária [W]
L1	3	54	162
L2	1	54	54
L3	2	54	108
L4	1	14	14
L5	2	54	108
L6	1	24	24
L7	4	24	96
L8	1	400	400
L9	1	150	150

Através da indicação da potência de cada luminária existente, foi realizado o mapa de quantidades das mesmas, o qual foi desenvolvido recorrendo à visualização das plantas das instalações, no *software Autocad*, onde é indicada a posição de cada luminária e a sua respetiva designação. Com a obtenção de todos estes dados, foi possível construir as tabelas 13 e 14, onde se encontra o valor do consumo e custo energético associado a cada uma das partes, sendo que este último valor foi obtido através da multiplicação do consumo pelos tais 0,0915 €/kWh, preço utilizado na plataforma de monitorização dos consumos energéticos.

Após a primeira fase concluída, partiu-se para o levantamento dos dados exigidos pelo IKEA aos fornecedores, os quais incluem documentos e características luminotécnicas associadas às suas propostas, devendo estas obedecer aos requisitos impostos pelo IKEA, as quais, em alguns casos, são mais exigentes do que os valores presentes na norma EN 12464-1. Esta norma dita os requisitos luminotécnicos necessários nos locais de trabalho em ambiente interior, indo ao encontro das necessidades de conforto visual e de desempenho das pessoas que neles se encontram.

Tabela 13 - Mapa de quantidades atual - zona de produção e armazém

Local	Tipo de luminária	Número de luminárias	Potência [W]	Horas de funcionamento	Dias de funcionamento	Consumo Total [kWh]	Custo energético	
PFF	Setor A	L1	104	16.848	24	365	147.588	13.504 €
	Setor B	L1	286	46.332	24	365	405.868	37.137 €
	Setor C	L1	242	39.204	24	365	343.427	31.424 €
	Setor D	L1	238	38.556	24	365	337.751	30.904 €
	Setor E	L1	172	27.864	24	365	244.089	22.334 €
	Setor F	L1	55	8.910	24	365	78.052	7.142 €
	Setor G	L1	155	25.110	24	365	219.964	20.127 €
	Setor H	L1	247	40.014	24	365	350.523	32.073 €
BoF	Setor A	L1	149	24.138	24	365	211.449	19.348 €
	Setor B	L1	305	49.410	24	365	432.832	39.604 €
	Setor C	L1	250	40.500	24	365	354.780	32.462 €
	Setor D	L1	318	51.516	24	365	451.280	41.292 €
	Setor E	L1	173	28.026	24	365	245.508	22.464 €
	Setor F	L1	211	34.182	24	365	299.434	27.398 €
	Setor G	L1	342	55.404	24	365	485.339	44.409 €
	Setor H	L1	156	25.272	24	365	221.383	20.257 €
	Setor I	L8	49	19.600	24	365	171.696	15.710 €
WH	W1	L8	80	32.000	24	365	280.320	25.649 €
	W1	L2	16	864	24	365	7.569	693 €
		L3	2	216	24	365	1.892	173 €
	W2	L8	86	34.400	24	365	301.344	27.573 €
	W3	L9	120	18.000	24	365	157.680	14.428 €
Total		3.756	656.366	Total		5.749.766	526.104 €	

Tabela 14 - Mapa de quantidades atual - zona de escritórios e não produção

Local	Tipo de luminária	Número de luminárias	Potência [W]	Horas de funcionamento	Dias de funcionamento	Consumo Total [kWh]	Custo energético
PFF	L2	251	13.554	12	365	59.367	5.432 €
	L3	81	8.748	12	365	38.316	3.506 €
	L4	4	56	12	365	245	22 €
	L5	76	8.208	12	365	35.951	3.290 €
	L7	23	2.208	12	365	9.671	885 €
	L8	20	8.000	12	365	35.040	3.206 €
BoF	L2	418	22.572	12	365	98.865	9.046 €
	L3	41	4.428	12	365	19.395	1.775 €
	L5	153	16.524	12	365	72.375	6.622 €
	L8	5	2.000	12	365	8.760	802 €
Property	L2	48	2.592	12	365	11.353	1.039 €
	L4	11	154	12	365	675	62 €
	L5	111	11.988	12	365	52.507	4.804 €
	L7	22	2.112	12	365	9.251	846 €
Total		1.264	103.144	Total		451.771	41.337 €

Através dos relatórios gerados pelo Dialux, verificou-se qual o valor da uniformidade da iluminância obtido para cada uma das áreas simuladas no *software*, sendo o valor de 0,4 considerado como o mínimo a existir, segundo as regras do IKEA, o qual representa o resultado da divisão da iluminância mínima sobre a média, da área em estudo. Quando na

presença de situações especiais, segundo as mesmas regras internas, este valor pode ser inferior a 0,4, estando estas situações por vezes associadas à geometria dos espaços em estudo.

Em relação à iluminância média, esta varia conforme o espaço de trabalho, sendo que o IKEA tem os seus próprios requisitos, encontrando-se estes na seguinte tabela.




Tabela 15 - Requisitos Luminotécnicos - Iluminância Média

Area	Iluminance (lux)
Office	500
Conference	500
Canteen	500
Production hall	300
Extra light intensive working places production	500
Measuring station	300
Quality check production	1000
Work shop	300
Garage	200
Timber yard	150
Guard house	300
Canopy	150
Store	200
Social Areas	150
Mechanical rooms	300

Outro dos aspetos relevantes para a validação das propostas está relacionado com a potência máxima admissível em função do tipo de local, sendo permitido um valor até 5 W/m² nos escritórios, 4 W/m² na produção e 3 W/m² na zona de armazém. Existe também um requisito a nível da temperatura de cor, devendo esta ser de 4.000° K, e do nível de encadeamento direto provocado ao utilizador pelas luminárias (UGR), o qual não deverá ser superior a 19.

Para além de todos estes requisitos luminotécnicos, existe ainda a condição do fornecedor providenciar um período mínimo de 5 anos de garantia sobre os equipamentos e o cumprimento dos requisitos de proteção impostos relacionados com as luminárias, os quais dizem respeito ao índice de proteção (IP) e ao grau de resistência ao choque mecânico (IK). O valor associado ao IP contém dois algarismos, estando o primeiro associado à proteção contra corpos sólidos estranhos e poeiras e o segundo ao grau de proteção contra a penetração de água com efeitos prejudiciais. Em relação ao IK, este diz respeito à energia do impacto que o material pode sofrer, a qual é medida em Joules. Na seguinte tabela é possível verificar os requisitos impostos pelo IKEA através do valor atribuído ao IP e IK, assim como o seu significado prático.

Tabela 16 - Requisitos de proteção das luminárias

Local	IP	Proteção contra corpos sólidos	Proteção contra líquidos	IK	Energia de Impacto (J)	Exemplificação
Produção	54	Protegida contra poeira	Protegida contra os jatos de água em todas as direções	08	5,0	
Armazém	54	Protegida contra poeira	Protegida contra os jatos de água em todas as direções	08	5,0	
Escritórios	20	De diâmetro $\geq 12,5$ mm (ex: dedos da mão)	Sem proteção	04	0,5	

Conforme mencionado inicialmente, realizou-se também a verificação dos documentos apresentados pelos fornecedores, os quais dão resposta aos seguintes pontos:

- Certificação CE;
- Certificação ENEC;
- Fluxo luminoso;
- Eficiência luminosa;
- Potência elétrica do conjunto da luminária com *driver*;
- Índice de restituição cromática (IRC);
- Fator de manutenção da luminosidade da lâmpada;
- Certificado de segurança fotobiológica;
- Luminância média para o ângulo de 60°;
- Diagrama polar;
- Ficheiro Eulumdat;
- Classe energética;
- Ficha das características técnicas.

O documento realizado para a validação de todos estes dados encontra-se no Anexo C, sendo este alvo de alterações constantes ao longo do tempo face às respostas dadas pelos fornecedores sobre os dados em falta solicitados ou requisitos em incumprimento com as regras internas. Estas alterações englobam algumas das notas presentes no documento, as quais partilham diferentes origens, sendo algumas da parte dos fornecedores e outras do IKEA. O documento em anexo encontra-se adaptado à proposta da Schröder, pois é a proposta que apresenta o menor número de simulações no Dialux.

Avaliando as propostas dos quatro diferentes fornecedores, foi possível realizar um levantamento idêntico ao da tabela 13 e 14, onde é identificado o consumo energético associado a cada proposta, segundo as condições especificadas na primeira fase do trabalho,

permitindo desta forma a análise económica das mesmas. Uma vez que o levantamento destes dados é extenso, foi realizado um resumo do mesmo, o qual se encontra na tabela seguinte, onde é também possível verificar, de forma resumida, as informações que se encontram nas tabelas anteriormente mencionadas. O levantamento completo com a designação das luminárias, quantidade, potência e consumo em cada área das fábricas encontra-se no Anexo C.

Tabela 17 - Resumo - Mapa de Quantidades

Cenário Atual					
Local	Nº Luminárias	Potência Instalada	Consumo [kWh]	Custo EE	Manutenção
Produção	3.452	570.886	5.000.961	457.587,96 €	10.833,25 €
Armazém	304	85.480	748.805	68.515,64 €	
Restante	1.264	103.144	451.771	41.337,02 €	1.410,34 €
Total	5.020	759.510	6.201.537	567.440,62 €	12.243,58 €
Proposta - Philips					
Local	Nº Luminárias	Potência Instalada	Consumo [kWh]	Custo EE	Investimento
Produção	3.430	427.910	3.748.492	342.986,98 €	1.468.893,62 €
Armazém	310	48.504	424.895	38.877,90 €	157.067,98 €
Restante	479	17.508	76.683	7.016,48 €	53.615,24 €
Total	4.219	493.922	4.250.069	388.881,36 €	1.679.576,84 €
Proposta - Schröder					
Local	Nº Luminárias	Potência Instalada	Consumo [kWh]	Custo EE	Investimento
Produção	5.737	405.427	3.551.538	324.965,72 €	1.674.147,23 €
Armazém	673	47.581	416.810	38.138,15 €	195.762,54 €
Restante	437	23.515	102.997	9.424,23 €	101.589,31 €
Total	6.847	476.523	4.071.345	372.528,10 €	1.971.499,08 €
Proposta - IKEA IMS					
Local	Nº Luminárias	Potência Instalada	Consumo [kWh]	Custo EE	Investimento
Produção	3.290	486.920	4.265.419	390.285,86 €	613.657,91 €
Armazém	436	63.692	557.942	51.051,69 €	80.769,89 €
Restante	1.666	71.341	312.475	28.591,49 €	197.063,02 €
Total	5.392	621.953	5.135.836	469.929,04 €	891.490,82 €
Proposta - Aura Light					
Local	Nº Luminárias	Potência Instalada	Consumo [kWh]	Custo EE	Investimento
Produção	3.453	497.639	4.359.318	398.877,56 €	1.835.933,99 €
Armazém	304	59.088	517.611	47.361,40 €	210.690,72 €
Restante	658	20.716	90.736	8.302,35 €	120.935,22 €
Total	4.415	577.443	4.967.665	454.541,31 €	2.167.559,93 €

Conforme é possível verificar, através da tabela anterior, a parcela referente ao custo de manutenção não está presente para as propostas apresentadas, pois a mesma, em caso de existência durante o período de garantia, não implica custos ao IKEA. No que diz respeito à manutenção anual relativamente ao cenário existente, esta foi calculada recorrendo à seguinte expressão, a qual é utilizada pelo IKEA:

$$\text{Custo de manutenção} \quad (6)$$

$$= \frac{n^{\circ} \text{ lamp.} \times (\text{preço} + \text{tempo de troca} \times \text{custo}) \times h \text{ de funcionameno por ano}}{\text{tempo de vida útil}}$$

Em que “n° lamp” corresponde ao número de lâmpadas em questão, “preço” corresponde ao preço de cada lâmpada, “tempo de troca” corresponde ao número de horas necessárias para realizar a troca de uma lâmpada, “h de funcionamento por ano” corresponde ao número de horas em que as lâmpadas se encontram ligadas e “tempo de vida útil” são as horas indicadas pelos fabricantes relativamente ao tempo de vida útil das lâmpadas.

Uma vez que o parâmetro “preço” corresponde ao preço de cada lâmpada e o seu tempo de vida útil varia conforme o tipo da mesma, verifica-se a necessidade de utilizar a expressão anterior em função do tipo de lâmpada. Logo, para calcular o custo relativamente à zona de produção e armazém é necessário realizar o cálculo três vezes, variando os parâmetros da fórmula de acordo com a lâmpada utilizada. No que diz respeito às restantes áreas, é também necessário repetir o cálculo, duas vezes, pois o período de funcionamento anual é outro dos parâmetros presentes na fórmula de cálculo. Por fim, resta realizar o somatório dos cinco cálculos, obtendo-se o custo de manutenção anual da instalação existente, o qual se encontra indicado na tabela anterior.

$$\begin{aligned} \text{Produção e armazém (L1, L2, L3)} &= \frac{3.421 \times \left(4 + \frac{10}{60} \times 5\right) \times 8.760}{20.000} \quad (7) \\ &= 7.242,26 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\text{Produção e armazém (L8)} = \frac{215 \times \left(16 + \frac{10}{60} \times 5\right) \times 8.760}{12.000} = 2.641,99 \text{ €} \quad (8)$$

$$\text{Produção e armazém (L9)} = \frac{120 \times \left(10 + \frac{10}{60} \times 5\right) \times 8.760}{12.000} = 949,00 \text{ €} \quad (9)$$

$$\begin{aligned} \text{Restante área (L2, L3, L4, L5, L7)} &= \frac{1.239 \times \left(4 + \frac{10}{60} \times 5\right) \times 4.380}{20.000} \quad (10) \\ &= 1.311,48 \text{ €} \end{aligned}$$

$$\text{Restante área (L8)} = \frac{25 \times \left(10 + \frac{10}{60} \times 5\right) \times 4.380}{12.000} = 98,85 \text{ €} \quad (11)$$

Conforme se pode verificar, através das fórmulas anteriores, existem parâmetros que se mantêm constantes, os quais dizem respeito ao tempo de troca de cada lâmpada e ao custo associado a essa tarefa, tendo-se considerado o valor de 10 minutos para a troca e de 5€ por cada hora de trabalho.

Com todos estes dados reunidos seria possível partir imediatamente para a análise económica, no entanto, tendo em conta que o preço da energia elétrica não será constante ao longo do período de vida útil da instalação, o qual se considerou como sendo de 5 anos, utilizou-se o simulador apresentado anteriormente de forma a verificar a evolução do preço da eletricidade

Uma vez que os preços horários indicados pelo OMIE são imprevisíveis, podendo os mesmos aumentar ou diminuir ao longo dos anos, a análise da evolução do preço foca-se apenas na parcela associada à TAR, nomeadamente ao preço a pagar em função da energia consumida, o qual tem vindo a aumentar ao longo dos anos. Esta análise foi obtida através do consumo e preços do OMIE de 2014 e do consumo e preços do OMIE de 2015, tendo-se apenas variado os preços de energia referentes à parcela de acesso à rede, de modo a verificar qual a evolução do preço final da energia de acordo com o ano da tarifa. Os dados obtidos encontram-se na seguinte tabela, sendo o valor referente à evolução média utilizado na análise económica.

Tabela 18 - Evolução do preço da eletricidade em função da TAR

Ano do Consumo e Preço do OMIE	Ano da Tarifa de Acesso à Rede	Custo por Período						
		Ponta	Cheias	Vazio Normal	Super Vazio	Total	Evolução	Evolução Média
2014	2014	645.399 €	2.116.101 €	626.195 €	423.035 €	3.810.729 €		3,64%
2014	2015	680.899 €	2.225.389 €	655.891 €	444.806 €	4.006.984 €	5,15%	
2014	2016	700.044 €	2.281.434 €	670.459 €	456.998 €	4.108.935 €	2,54%	
2015	2014	743.067 €	2.454.953 €	705.550 €	529.859 €	4.433.429 €		
2015	2015	780.527 €	2.570.041 €	733.877 €	551.850 €	4.636.294 €	4,58%	
2015	2016	800.730 €	2.629.060 €	747.773 €	564.164 €	4.741.727 €	2,27%	

Em relação aos restantes preços pertencentes à TAR, a sua evolução não foi alvo de estudo, pois verifica-se que os mesmos, desde 2012 até à atualidade, tem vindo a aumentar e diminuir, não seguindo uma tendência de aumento anual idêntica à verificada na parcela do preço da energia. Desta forma, foram considerados os preços de 0,1158 €/kW.dia referentes à potência utilizada em horas de ponta e de 0,0167 €/kW.dia para a potência contratada, sendo estes os preços da TAR em AT praticados atualmente.

Para terminar a definição dos parâmetros a utilizar na análise económica, resta determinar a taxa de atualização de capital a aplicar, a qual está relacionada com a taxa de inflação atual, encontrando-se esta à volta de 1%, a taxa de rendimento oferecida pelos bancos, a qual varia entre os 0,5 e 1%, e o prémio de rentabilidade do acionista, o qual ronda os 2%. Somando estes valores, considerando a pior taxa de rendimento oferecida pelos bancos, o valor obtido para a taxa de atualização de capital é de 3,5%.

Os resultados da análise realizada estão presente na tabela seguinte, onde é possível identificar a poupança obtida anualmente face ao cenário atual da instalação, assim como os indicadores económicos, isto é, o valor atual líquido (VAL), o *Payback* (PB) e a taxa interna de rentabilidade (TIR).

Tabela 19 - Análise Económica das Propostas Apresentadas

Análise Económica das Propostas Apresentadas								
Ano	Philips		Schröder		IKEA IMS		Aura Light	
	Poupança	Retorno	Poupança	Retorno	Poupança	Retorno	Poupança	Retorno
0	-	€ -1.679.577 €	-	€ -1.971.499 €	-	€ -891.491 €	-	€ -2.167.560 €
1	203.034 €	-1.476.543 €	220.221 €	-1.751.278 €	115.897 €	-775.594 €	133.385 €	-2.034.175 €
2	202.449 €	-1.274.094 €	219.631 €	-1.531.647 €	115.408 €	-660.186 €	132.846 €	-1.901.330 €
3	201.892 €	-1.072.202 €	219.069 €	-1.312.578 €	114.940 €	-545.246 €	132.330 €	-1.769.000 €
4	201.363 €	-870.839 €	218.536 €	-1.094.042 €	114.492 €	-430.754 €	131.837 €	-1.637.163 €
5	200.860 €	-669.979 €	218.029 €	-876.013 €	114.064 €	-316.689 €	131.366 €	-1.505.797 €
PB	Anos		Anos		Anos		Anos	
	>5		>5		>5		>5	
VAL	-	669.979 €	-	876.013 €	-	316.689 €	-	1.505.797 €
TIR	-14,9%		-16,9%		-13,1%		-29,9%	

É no cálculo da poupança que se encaixam todos os parâmetros obtidos anteriormente, que por sua vez permite o cálculo dos indicadores económicos. A expressão matemática utilizada para o seu cálculo foi a seguinte:

$$\text{Poupança anual} = \quad (14)$$

$$\frac{\text{man.1} + (\text{custo EE1} - \text{Custo EE2}) \times (1 + \text{aumento EE})^n + 365 \times (\text{Pinst1} - \text{Pinst2}) \times (\text{PreçoPC} + \text{PreçoPhp})}{(1+t)^n}$$

Esta fórmula identifica os ganhos verificados nas propostas apresentadas face ao cenário atual do IKEA, sendo estes compostos pelo custo da manutenção existente atualmente (man.1), pela diferença do custo energético (custo EE1 – custo EE2), a qual aumenta de ano para ano à taxa de 3,64% (aumento EE), e pela diferença da potência instalada (Pinst1 - Pinst2), a qual tem o preço da TAR associado (PreçoPC e PreçoPhp). Em relação à poupança gerada através da diminuição da potência instalada, esta diz respeito à diminuição da potência utilizada nas horas de ponta e ao decréscimo que se pode vir a verificar na potência contratada, pois a mesma varia de acordo com o pico de potência atingido pela instalação.

No gráfico seguinte é possível analisar a evolução da rentabilidade das propostas ao longo do período de garantia oferecido pelos fornecedores.

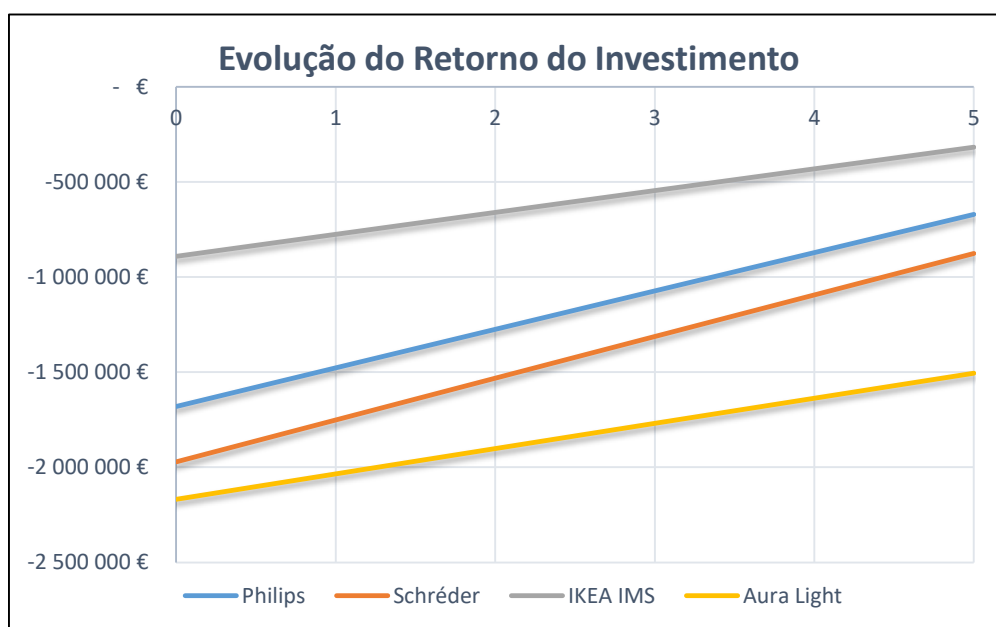


Gráfico 9 - Evolução do Retorno do Investimento

Tendo em conta os valores obtidos na análise de viabilidade económica ao longo do período de garantia dos equipamentos, é possível verificar que a proposta mais vantajosa é a do IKEA IMS, a qual apresenta um retorno do investimento e taxa interna de rentabilidade superiores, apesar destes valores serem ainda negativos.

Analisando os dados utilizados e os resultados obtidos, verifica-se que a nível do número de luminárias a Schröder está acima dos restantes fornecedores, no entanto, consegue atingir o menor consumo, o que significa que apresenta as luminárias mais eficientes. Pelo contrário,

a proposta do IKEA IMS é a que apresenta um consumo energético mais elevado, mas ao mesmo tempo o menor investimento necessário.

Apesar do maior lucro obtido com o decorrer do anos, segundo o gráfico anterior, vir a pertencer à proposta da Philips e da Schröder, devido à maior poupança energética associada, estes fornecedores dispõem de equipamentos mais dispendiosos, o que implica consequentemente um valor de manutenção mais elevado durante o período de vida útil da instalação. Esta manutenção deve-se ao facto do tempo de vida útil das lâmpadas ser de 50.000 horas, segundo os vários fornecedores, o que significa, neste caso de estudo, uma duração inferior a 6 anos para as lâmpadas que fazem parte da zona da produção e armazém. O custo desta manutenção iria aumentar consideravelmente o *Payback* das propostas, tornando as mesmas inviáveis.

Tendo em conta o caso de estudo realizado, a poupança energética anual obtida com a solução do IKEA IMS, face à situação atual, encontra-se nos 1.065.701 kWh. Utilizando o exemplo indicado no primeiro caso de estudo apresentado, sobre o consumo de uma residência familiar, é possível traduzir a poupança energética anual para o número de residências que poderiam ser alimentadas pela mesma, durante igual período, o qual perfaz um valor de cerca de 213 residências familiares.

Uma vez que já foram abordados temas que dizem respeito à diminuição do consumo, que por sua vez levam à redução da faturação, resta apresentar o último caso de estudo, o qual implica a redução da faturação sem a necessidade de se diminuir o consumo energético.

7. ESTUDO DA IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA FOTOVOLTAICO PARA AUTOCONSUMO

Uma vez que faz parte dos planos do IKEA continuar a investir em energias renováveis, de forma a produzir tanta energia como aquela que é consumida, nas suas lojas e fábricas, foi desenvolvido um trabalho relacionado com a implementação de painéis fotovoltaicos no IKEA Industry.

Este trabalho obedece a três restrições, as quais são referentes ao tempo que o IKEA considera necessário para a recuperação do investimento (10 anos), à área disponível e à potência da instalação, ou seja, a área ocupada pelos painéis deve ser menor do que a área disponível na cobertura das fábricas e a potência instalada não deverá exceder em demasia os 6 MW. Este limite de potência foi indicado pelo responsável da parte energética do IKEA Industry, o qual se prevê como sendo metade da potência contratada num futuro próximo, encontrando-se esta por enquanto nos 11.080 kW.

Analisando a área disponível para a instalação dos painéis, tendo em conta as dimensões das instalações, tudo indica que é uma restrição fácil de se cumprir, no entanto é necessário ter em conta os esforços estruturais associados ao peso dos painéis e dos seus respetivos suportes. Desta forma, apenas se consideraram as áreas em que tal situação não é um problema, conforme indicação por parte do IKEA, as quais se encontram na figura seguinte, estando algumas limitadas com um segmento de reta a amarelo.

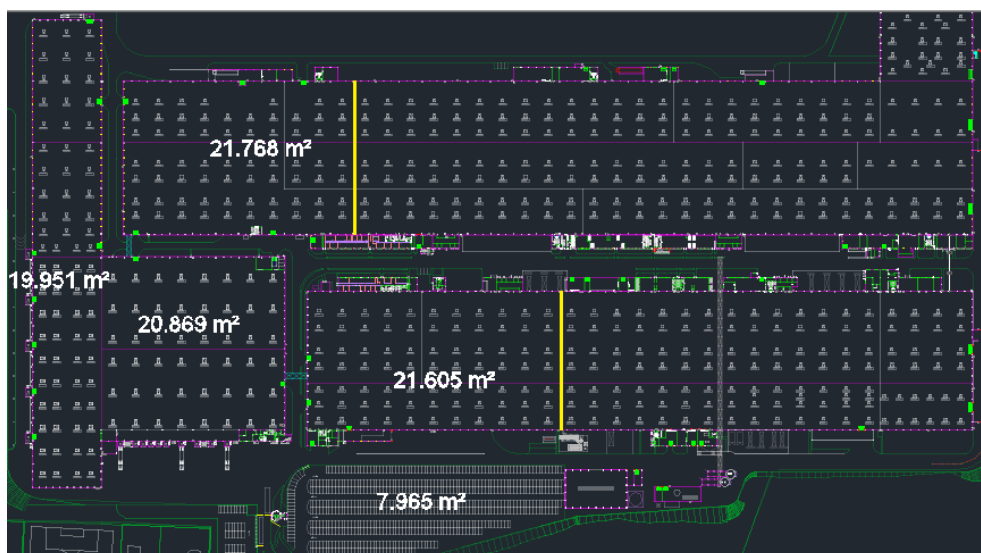


Figura 13 - Áreas da cobertura resistentes a esforços estruturais acrescidos

Contabilizando toda a área disponível, foi obtido o valor de 92.158 m², no entanto esta área não poderá ser totalmente utilizada pelos painéis, devido às claraboias presentes na cobertura. Uma vez que a área total destas perfaz um valor de 1.148 m², significa que a área em que de facto é possível instalar os painéis é de 91.010 m², dos quais 7.965 m² são referentes a uma futura cobertura que será contruída no parque de estacionamento. Esta cobertura poderá ser construída através dos próprios painéis, conforme exemplificado na figura seguinte.



Figura 14 - Exemplificação da cobertura através dos painéis solares [17]

Conforme visível no exemplo acima descrito, a cobertura pode já apresentar a inclinação mínima para a autolimpeza dos painéis solares através do escoamento da água da chuva, a qual é responsável pela limpeza das partículas de sujidade presentes nos mesmos. O valor da inclinação considerado para a zona em causa foi de 10°, o qual foi obtido através de informações prestadas pela Ikarus, empresa esta responsável pelas instalações dos painéis fotovoltaicas existentes nas lojas do IKEA.

Outras das informações recolhidas através do contacto com a Ikarus estão relacionadas com a inclinação dos painéis na cobertura das fábricas e do material a seleccionar no *software* Pvsyst, ou seja, o modelo dos painéis e dos inversores. Apesar do valor ótimo de inclinação, o qual permite um maior aproveitamento da energia solar durante todo o ano, ser de 35°, numa localização como esta é necessário ter em conta os esforços a que os painéis estarão sujeitos devido às rajadas de vento, pois trata-se de uma zona que se encontra a uma altitude de 424 metros acima da linha do mar. Tendo em conta as informações obtidas, o ângulo de inclinação utilizado foi de 13°, os painéis foram os Canadian Solar CS6X – 320 P e os inversores foram os SMA Sunny Tripower 60-10.

Para além do ângulo de inclinação a indicar, é também necessário definir a orientação dos painéis em relação ao eixo Sul, a qual é de -20° para ambas as zonas. Apesar do valor ótimo deste ângulo ser de 0°, o que possibilita um maior tempo de exposição solar e por sua vez maior incidência de radiação solar, este está de acordo com a orientação das faces da cobertura, as quais não estão totalmente orientadas geograficamente a Sul.

Uma vez que estão duas áreas de dimensões diferentes em causa e o ângulo de inclinação dos painéis é diferente para cada uma delas, mantendo-se apenas o ângulo da orientação a Sul igual, foi necessário realizar duas simulações no Pvsyst.

Passando à fase da simulação, foi necessário indicar, para além dos dados anteriores mencionados, as coordenadas do local da instalação dos painéis, processo este simplificado pela simples localização do IKEA no mapa, sendo as coordenadas do parque de estacionamento e dos restantes locais, em que é possível proceder à instalação dos painéis, exatamente iguais. Este processo é possível visualizar na figura seguinte.

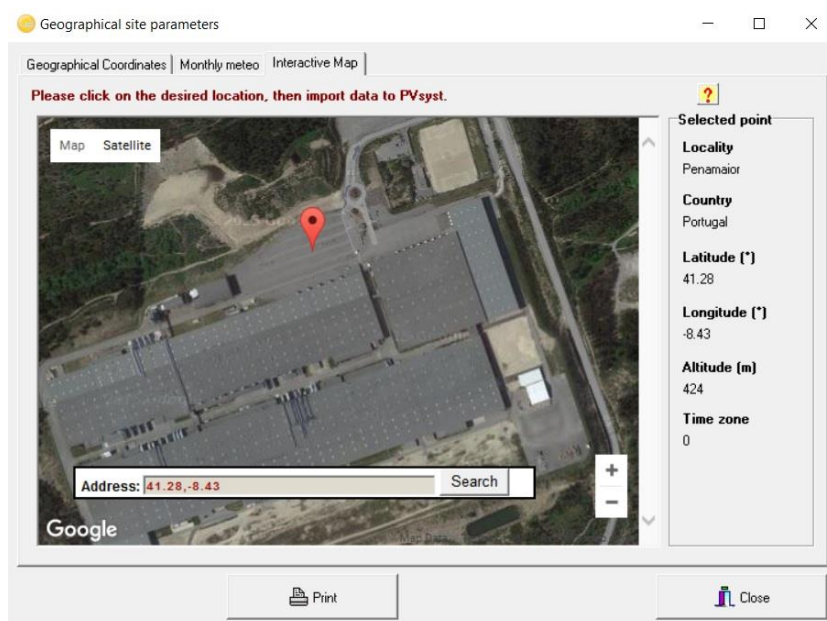


Figura 15 - Identificação da localização dos painéis fotovoltaicos

De forma a realizar as duas simulações anteriormente mencionadas, cumprindo os requisitos impostos, na simulação da instalação dos painéis no parque de estacionamento foi considerado o limite de área de 7.000 m^2 e na simulação da instalação dos painéis na cobertura das fábricas foi utilizado um limite de potência, o qual representa a diferença entre os 6 MW e a potência obtida na primeira simulação. A definição destes limites deve-se à existência de uma maior área disponível na cobertura das fábricas face à da cobertura do parque de estacionamento, o que possibilita uma maior margem de manobra em relação à área utilizada na cobertura das fábricas.

Como resultado das simulações realizadas, foi obtido o valor de 1.167 kWp de potência instalada no parque de estacionamento, o que significa a utilização do limite de 4.852 kWp de potência instalada nas fábricas, que por sua vez deu origem ao valor de 29.093 m^2 necessários na cobertura das fábricas. No conjunto total de equipamentos necessários registaram-se 18.810 módulos e 78 inversores, conforme é possível consultar nos relatórios gerados pelo Pvsyst que se encontram no Anexo D.

Utilizando a soma dos dois perfis de produção de energia fotovoltaica obtidos pelo Pvsyst e os consumos do IKEA por hora registados em 2015, foi possível desenvolver, para além da análise de viabilidade económica, uma análise à energia que deixa de ser necessária comprar à rede e o excesso de energia que terá de ser vendido à mesma, nomeadamente aos domingos

e nos períodos de paragem das fábricas, alturas estas em que o consumo é inferior à produção. O gráfico seguinte permite perceber a situação descrita.

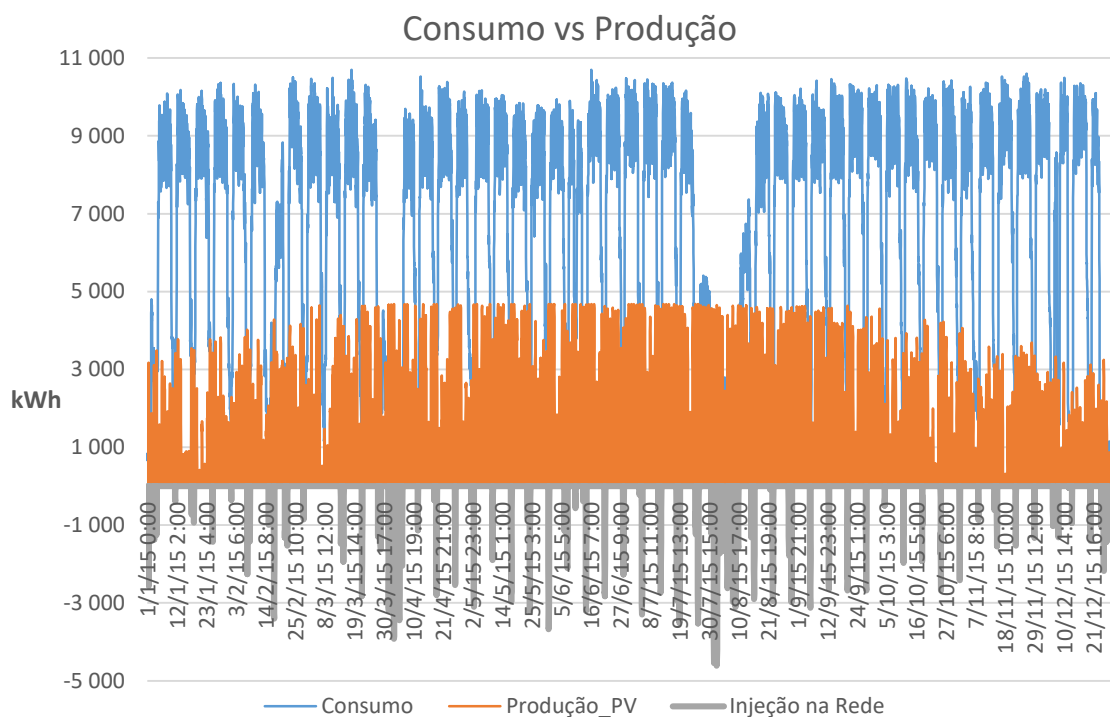


Gráfico 10 – Energia produzida, consumida e vendida por hora

Analisando o gráfico anterior por trimestre, é possível perceber a quantidade de energia produzida em cada trimestre, assim como a diminuição da energia comprada à rede e a energia injetada na mesma.

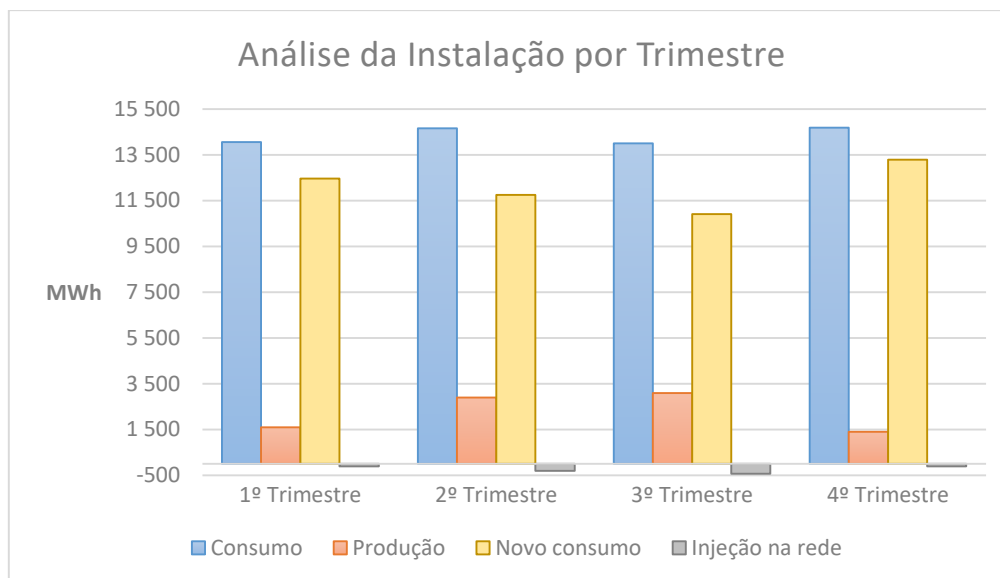


Gráfico 11 - Análise da Instalação por Trimestre

Com esta instalação, o IKEA passa a apresentar alguma autonomia, deixando de ser totalmente dependente da rede em relação à obtenção da energia elétrica. O gráfico seguinte indica exatamente essa mesma autonomia.

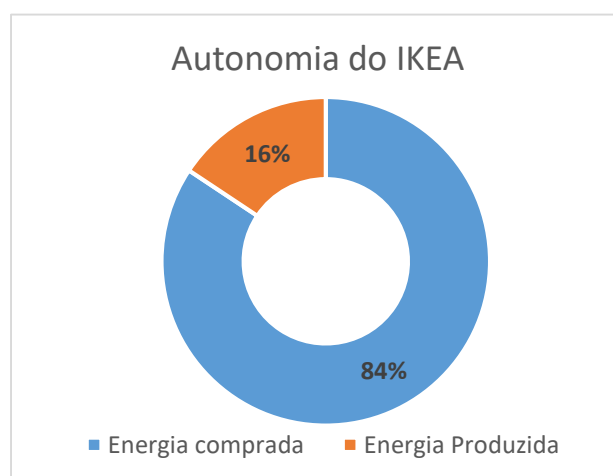


Gráfico 12 - Autonomia do IKEA

Uma vez que a energia produzida não pode ser totalmente consumida, devido ao facto de existirem períodos em que a produção é superior ao consumo, a parcela dos 16% de energia produzida, a qual corresponde a 8.996 MWh, é composta pela energia efetivamente consumida pelo IKEA e pela injetada na rede, conforme visível no gráfico seguinte.

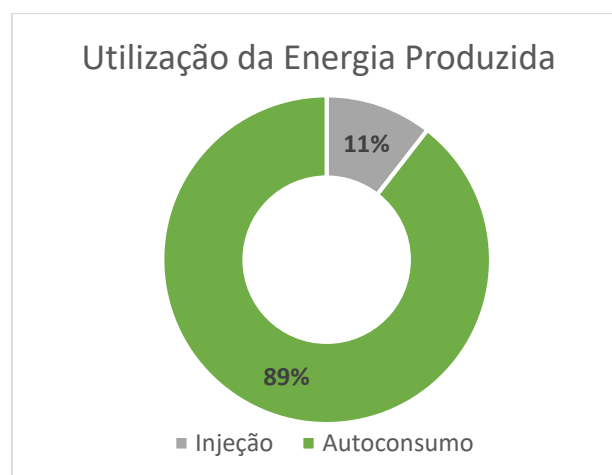


Gráfico 13 - Caracterização da Energia Produzida

Em relação aos parâmetros utilizados na análise de viabilidade económica da instalação fotovoltaica, foram considerados os preços da energia elétrica nos diferentes períodos horários e a respetiva evolução dos mesmos, aplicados à energia consumida proveniente da instalação fotovoltaica, a diferença da potência em horas de ponta de cada mês antes e após a instalação, a diferença entre o pico máximo de potência registado em 2015 antes e após a instalação, a remuneração associada à venda da energia elétrica à rede, o custo total da instalação, o custo de manutenção da mesma e a taxa de atualização de capital.

Através da utilização do simulador anteriormente apresentado, foi possível obter o valor do preço da energia elétrica para os diferentes períodos horários. Para tal, considerou-se a média dos preços obtidos através da simulação com o consumo e preços do OMIE de 2014 com os preços obtidos através do consumo e preços do OMIE de 2015. Na realização destas simulações considerou-se a tarifa indexada da EDP e a TAR de 2016. Os valores obtidos encontram-se na seguinte tabela.

Tabela 20 - Preços de energia e potência utilizados no estudo realizado

Período	Preço - Energia Elétrica [€/kWh]				Preço - Potência [€/kW.dia]	
	Ponta	Cheias	Vazio Normal	Super Vazio	Php	PC
Preço E.E (2014)	0,0878	0,0814	0,0598	0,0525	-	-
Preço E.E (2015)	0,0951	0,0891	0,0700	0,0641	-	-
Média	0,0914	0,0853	0,0649	0,0583	0,1158	0,0167

Aplicando estes preços à energia elétrica renovável consumida, é possível verificar quais serão os maiores ganhos provenientes da instalação fotovoltaica, os quais correspondem à

diminuição do consumo da eletricidade proveniente da rede elétrica, encontrando-se estes na seguinte tabela.

Tabela 21 - Ganhos provenientes da energia elétrica renovável consumida

Ganhos com energia elétrica renovável consumida					
Dados	P1	P2	P3	P4	Total
Consumo [MWh]	1.108	5.091	1.738	112	8.049
Lucro	101,29 €	434,03 €	112,80 €	6,55 €	654,67 €

Tal como foi verificado no caso de estudo anterior, em que existe um aumento anual do preço da energia elétrica ao longo dos anos, devido à TAR, voltou-se a fazer um estudo idêntico ao anterior. No entanto, enquanto que no estudo anterior o objetivo foi obter a evolução do preço da energia elétrica de uma forma global, neste caso pretende-se determinar as várias evoluções associadas aos diferentes períodos horários. Desta forma, partindo dos valores registados na tabela 18, foi possível calcular as evoluções dos preços referentes aos vários períodos horários, encontrando-se estas na tabela seguinte.

Tabela 22 - Evolução do preço da energia elétrica por período horário

Ano do Consumo e Preço do OMIE	Ano da Tarifa de Acesso à Rede	Evolução do custo por período			
		Ponta	Cheias	Vazio Normal	Super Vazio
2014	2014				
2014	2015	5,50%	5,16%	4,74%	5,15%
2014	2016	2,81%	2,52%	2,22%	2,74%
2015	2014				
2015	2015	5,04%	4,69%	4,01%	4,15%
2015	2016	2,59%	2,30%	1,89%	2,23%
Média		3,99%	3,67%	3,22%	3,57%

Quanto à potência em horas de ponta, esta irá sofrer uma diminuição, a qual foi registada mensalmente, de forma a contabilizar a poupança monetária associada a cada mês. A tabela seguinte indica as alterações mensais registadas e o respetivo valor monetário, de acordo com os preços da TAR em AT de 2016.

Tabela 23 – Registo da potência em horas de ponta e respetivos ganhos

Potência em Horas de Ponta							
Mês	Horas	Consumo [kWh]	Potência [kW]	Novo Consumo [kWh]	Nova Potência [kW]	Diminuição [kW]	Poupança
Janeiro	105	924.716	8.807	924.562	8.805	1	5 €
Fevereiro	100	801.138	8.011	797.460	7.975	37	119 €
Março	110	954.933	8.681	941.832	8.562	119	428 €
Abril	63	519.424	8.245	375.762	5.964	2.280	7.922 €
Maio	60	551.861	9.198	388.456	6.474	2.723	9.777 €
Junho	63	582.043	9.239	398.619	6.327	2.911	10.115 €
Julho	69	585.380	8.484	380.158	5.510	2.974	10.677 €
Agosto	63	427.470	6.785	250.986	3.984	2.801	10.056 €
Setembro	66	628.818	9.528	465.130	7.047	2.480	8.616 €
Outubro	76	718.199	9.450	644.788	8.484	966	3.468 €
Novembro	105	973.195	9.269	973.195	9.269	0	- €
Dezembro	105	778.398	7.413	778.398	7.413	0	- €
Total - Ano	985	8.445.575	103.109	7.319.347	85.815	17.294	61.182 €

Relativamente ao valor da potência contratada, uma vez que se trata de uma instalação alimentada em AT, este corresponde ao valor máximo da potência ativa média registada em qualquer intervalo ininterrupto de 15 minutos, durante os últimos 12 meses. Desta forma, independentemente do pico de potência registado durante esse período de tempo ser menor, a potência contratada manter-se-á inalterável. Tendo este aspeto em conta, a poupança será apenas a diferença entre o pico anual anterior e o novo pico anual. A tabela seguinte indica quando e qual se regista o pico de potência mensal antes e após a instalação fotovoltaica, assim como a poupança considerada para a análise de viabilidade económica.

Tabela 24 - Registo dos picos de potência mensais e poupança monetária anual

Potência Contratada								
Mês	Pico de Potência [kW]	Data	Hora	Novo Pico [kW]	Data	Hora	Diminuição [kW]	Poupança
Janeiro	10359	28-01-2015	11:00	9.999	20-01-2015	8:00		
Fevereiro	10499	24-02-2015	14:00	10.296	24-02-2015	19:00		
Março	10696	18-03-2015	12:00	10.429	18-03-2015	18:00		
Abril	10526	13-04-2015	11:00	10.171	13-04-2015	22:00		
Maio	10168	06-05-2015	9:00	10.049	13-05-2015	22:00		
Junho	10696	16-06-2015	11:00	10.292	18-06-2015	22:00		
Julho	10448	07-07-2015	9:00	10.234	09-07-2015	22:00		
Agosto	10114	24-08-2015	17:00	10.103	18-08-2015	22:00		
Setembro	10458	14-09-2015	9:00	10.419	08-09-2015	22:00		
Outubro	10478	12-10-2015	11:00	10.311	05-10-2015	18:00		
Novembro	10598	26-11-2015	14:00	10.499	26-11-2015	18:00		
Dezembro	10494	10-12-2015	18:00	10.494	10-12-2015	18:00		
Total - Ano	10696	18-03-2015	12:00	10499	26-11-2015	18:00	197	1.201 €

Apesar da potência instalada estar acima de 1 MW, uma vez que não existe outra forma de calcular o valor pago pela energia injetada na rede, até à assinatura de um contrato com o fornecedor de energia elétrica, considerou-se a fórmula de cálculo presente no decreto-lei nº 153/2014 de 20 de outubro artigo 24.º, a qual está relacionada com a remuneração da energia proveniente das unidades de produção para autoconsumo, apresentando-se esta da seguinte forma:

$$R_{UPAC,m} = E_{fornecida,m} \times OMIE_m \times 0,9 \quad (12)$$

As variáveis presentes na fórmula dizem respeito à energia fornecida no mês ‘m’, em kWh ($E_{fornecida,m}$), ao valor resultante da média aritmética simples dos preços de fecho do Operador do Mercado Ibérico de Energia (OMIE) para Portugal (mercado diário), relativo ao mês ‘m’, em €/kWh ($OMIE_m$), sendo ‘m’ o mês a que se refere a contagem da eletricidade fornecida à rede elétrica de serviço público (RESP). O resultado desta expressão é a remuneração da eletricidade fornecida à RESP no mês ‘m’ em € ($R_{UPAC,m}$).

De forma a ser possível utilizar a fórmula anterior, nomeadamente a variável $OMIE_m$, foi obtido o preço mensal médio do mercado diário, através dos relatórios anuais de 2013 a 2015, tendo sido utilizada a média dos mesmos. Os valores obtidos encontram-se na tabela 25.

Para completar, resta determinar qual a energia produzida em excesso em cada mês ($E_{fornecida,m}$), permitindo assim o cálculo da remuneração. A tabela seguinte indica também a quantidade de energia que será injetada na rede mensalmente, segundo a simulação realizada, assim como a respetiva remuneração.

Tabela 25 - Ganhos associados à venda de energia elétrica

Remuneração Relativa à Energia Elétrica Vendida			
Mês	Preço Médio OMIE [€/kWh]	Excesso de Produção [kWh]	Remuneração
Janeiro	0,0439	26.359	1.042 €
Fevereiro	0,0339	42.228	1.288 €
Março	0,0307	42.416	1.174 €
Abril	0,0293	145.023	3.826 €
Maio	0,0436	86.093	3.381 €
Junho	0,0492	76.289	3.379 €
Julho	0,0531	124.885	5.968 €
Agosto	0,0512	233.610	10.766 €
Setembro	0,0538	66.669	3.230 €
Outubro	0,0523	19.842	934 €
Novembro	0,0468	31.952	1.347 €
Dezembro	0,0545	50.886	2.497 €
Total		946.253	38.831,90 €

Após a abordagem de todos os ganhos considerados no estudo de viabilidade económica da instalação fotovoltaica, resta determinar o valor necessário a investir, assim como o custo de operação e manutenção. Através das informações prestadas pela Ikarus, considerou-se o valor de 1.155 €/kWp para a instalação na cobertura do parque de estacionamento e de 1.026 €/kWp para a instalação na cobertura das fábricas. Estes preços estão de acordo com outros projetos da empresa para situações idênticas, assim como para os materiais selecionados no Pvsyst. Em relação ao custo de operação e manutenção, considerou-se 11,40 €/kWp para ambas as instalações, com um aumento de 2% por ano. Desta forma, o custo total obtido para o conjunto das duas instalações foi de 6.326.037 € e o custo de operação e manutenção de 68.617 €.

Uma vez que o valor do dinheiro não permanece constante ao longo dos anos, é necessário utilizar a taxa de atualização de capital, a qual será responsável por determinar o valor atual líquido ao final dos 10 anos de existência da instalação, período este relacionado com o payback que o IKEA admite como aceitável para este tipo de projeto. Através da taxa calculada no caso de estudo anterior (3,5%) e de todos os dados obtidos, foi possível proceder à análise de viabilidade económica da instalação.

Tabela 26 - Análise de viabilidade económica da instalação fotovoltaica

Análise de Viabilidade Económica		
Ano	Poupança	Retorno
0	- €	- 6.394.654 €
1	671.351 €	- 5.723.303 €
2	666.400 €	- 5.056.902 €
3	661.582 €	- 4.395.320 €
4	656.892 €	- 3.738.428 €
5	652.323 €	- 3.086.105 €
6	647.871 €	- 2.438.235 €
7	643.528 €	- 1.794.706 €
8	639.291 €	- 1.155.416 €
9	635.154 €	- 520.261 €
10	631.113 €	110.852 €
11	627.164 €	738.016 €
12	623.301 €	1.361.316 €
13	619.520 €	1.980.836 €
14	615.819 €	2.596.656 €
15	612.193 €	3.208.848 €
16	608.638 €	3.817.486 €
17	605.153 €	4.422.639 €
18	601.733 €	5.024.372 €
19	598.375 €	5.622.747 €
20	595.076 €	6.217.823 €
21	591.833 €	6.809.656 €
22	588.640 €	7.398.296 €
23	585.495 €	7.983.791 €
24	582.394 €	8.566.185 €
25	579.338 €	9.145.522 €
Payback	Anos 9	Meses 9,9
VAL	9.145.522 €	
TIR	8,74%	

A forma como se obteve o valor referente à poupança está relacionada com os dados necessários para esta análise, os quais foram mencionados anteriormente. A sua expressão de cálculo utilizada foi a seguinte:

$$\begin{aligned}
 & (consP1 \times preçoP1 \times (1 + aumentoP1)^n + consP2 \times preçoP2 \times (1 + aumentoP2)^n + consP3 \times preçoP3 \times (1 + aumentoP3)^n + consP4 \times preçoP4 \times (1 + aumentoP4)^n + GPhp + GPC + RUPAC \\
 & - custoO\&M \times (1 + aumentoO\&M)^n) / (1 + t)^n
 \end{aligned} \quad (14)$$

As variáveis “P1”, “P2”, “P3” e “P4” dizem respeito aos períodos de horas de ponta, cheias, vazio normal e super vazio, respetivamente, “consPx” corresponde ao consumo durante o período “x”, “preçoPx” corresponde ao preço determinado para o período “x”, “aumentoPx”

diz respeito ao aumento calculado relativamente ao preço para o período “x”, “GPhp” diz respeito aos ganhos relacionados com a diminuição da potência em horas de ponta, “GPC” são os ganhos associados à diminuição da potência contratada, “RUPAC” é a remuneração obtida com a venda do excesso da energia elétrica produzida, “custoO&M” é o custo relativo à manutenção e operação, o qual é acompanhado de uma taxa de aumento anual “aumentoO&M”, “t” corresponde à taxa de atualização de capital e, por fim, “n”, que corresponde ao ano para o qual se pretende realizar o cálculo.

Tendo em conta a garantia oferecida pelo fabricante dos painéis fotovoltaicos, a qual indica que durante o primeiro ano da instalação a potência real dos módulos não será inferior a 97,5% e que até aos 25 anos não irá diminuir anualmente mais de 0,7%, terminando esse mesmo período com uma potência real não inferior a 80,7%, considerou-se que no primeiro ano existirá uma perda de 2% e anualmente uma perda de 0,5%. Para tal, atualizou-se anualmente a energia produzida pelos painéis, que por sua vez implica a alteração do valor da energia renovável consumida pelo IKEA (tabela 21), a energia injetada na rede (tabela 25), a potência em horas de ponta (tabela 23) e a potência contratada (tabela 24). De seguida encontra-se a análise gráfica deste estudo.



Gráfico 14 - Evolução do retorno do investimento da instalação fotovoltaica

Conforme visível no gráfico anterior, e também indicado na tabela anterior, o valor investido será recuperado em pouco menos de 10 anos, cumprindo assim todas as restrições colocadas inicialmente.

Relativamente aos ganhos monetários associados a este projeto, o lucro gerado ao final dos 25 anos poderá atingir cerca de 9 milhões de euros, valor este superior ao investimento necessário, dando origem a uma taxa interna de rentabilidade de 8,74%.

Com este projeto, o IKEA Industry iria consumir, durante os 25 anos do projeto, cerca de 187 GWh, o que corresponde, utilizando como referência o consumo de 2015 (57.413.164 kWh), a cerca de 3 anos do consumo total realizado pelas instalações. Para além disso, injetaria na rede elétrica nacional aproximadamente 20 GWh de energia renovável.

Somando os valores da energia elétrica produzida pelos painéis fotovoltaicos e considerando o fator de conversão de 0,000000292 g de dióxido de carbono (CO₂) por cada kWh de energia elétrica consumida [18], então este projeto significaria uma poupança de 60.415 toneladas de CO₂. Tendo em conta que uma árvore adulta consegue absorver cerca de 21,77 kg de CO₂ num ano [19] então significa que precisariam de existir, durante os 25 anos do projeto, 110.993 árvores para absorver a mesma quantidade de CO₂ que os painéis conseguiriam evitar.

8. CONCLUSÕES

Tendo em conta os resultados obtidos, através dos vários casos de estudo desenvolvidos, é possível concluir que o trabalho global realizado cumpre os objetivos inicialmente traçados, os quais vão ao encontro da eficiência energética e à redução da faturação no IKEA Industry.

Com a elaboração do primeiro caso de estudo, o qual está relacionado com o combate ao desperdício energético, foi já possível verificar resultados positivos através da plataforma de monitorização de consumo implementada, os quais podem ainda vir a apresentar um maior impacto na fatura da eletricidade nos próximos meses.

A implementação desta plataforma, desde maio até junho, apresenta como resultado uma diminuição do consumo durante o período de não produção do IKEA Industry, em que o consumo ideal deveria ser nulo, mas que na realidade se torna impossível, pois existem equipamentos que não podem ser desligados, como é o caso de servidores e outros equipamentos ligados à manutenção de tintas, e ainda outros que permanecem ligados devido à falta de informação sobre as consequências da paragem dos mesmos. Durante o período de implementação desta plataforma, procurou-se descobrir quais os equipamentos que poderiam permanecer desligados durante, pelo menos, as primeiras 7 horas dos domingos, o que possibilitou a implementação de medidas relacionadas com o alerta aos responsáveis por esses equipamentos, nomeadamente aqueles que fazem uso dos mesmos durante o último turno dos sábados. Desta forma, os responsáveis por determinados equipamentos foram incentivados a verificar, antes de abandonarem o seu posto de trabalho, se os equipamentos que se encontram à sua responsabilidade permaneciam desligados.

Conforme analisado anteriormente, a poupança verificada ronda os 201.500 kWh anuais. Tendo em conta que o período em causa, 7 horas por semana, corresponde apenas a 4,16 % de um ano, e que o consumo relativo ao ano fiscal de 2015 foi de 56.557.340 kWh, é possível concluir que uma simples ação, a qual não exigiu qualquer investimento monetário, permitiu uma redução de consumo, face ao ano fiscal de 2015, de 0,36 %. Relembrando o facto de que associada a esta poupança energética encontra-se uma poupança monetária de 18.460€, é também importante salientar que este valor pode ser investido em novos equipamentos,

manutenções periódicas ou aquisição de mais mão-de-obra, transformando assim o desperdício energético em maiores poupanças e ganhos para a empresa.

O trabalho desenvolvido durante o estágio permitiu, também, a redução da fatura da eletricidade, através da escolha acertada relativamente ao comercializador de energia elétrica e ao tipo de tarifa, tendo o IKEA Industry optado pela tarifa indexada da EDP.

A decisão tomada deve-se sobretudo ao resultado obtido através do simulador desenvolvido e à análise do histórico comparativo dos custos associados ao antigo contrato, a qual indica a diferença entre o custo mensal a pagar pela energia elétrica consumida relativamente à tarifa indexada e o mesmo custo se a empresa estivesse ligada à tarifa fixa.

Uma vez que a diferença de custos, desde maio de 2015 a abril de 2016, indica um ganho associado à tarifa indexada de 3,44% referente ao custo associado à tarifa fixa, relativo ao mesmo comercializador, considerou-se que o prejuízo associado à tarifa indexada da EDP, de 0.89% do custo referente à tarifa fixa da Energia Simples, não justificaria a adesão à tarifa fixa. Traduzindo estas percentagens em euros, decidiu-se que a diferença verificada no histórico, de 216.197€ (3,44% do custo acumulado referente à tarifa fixa de maio de 2015 a abril de 2016), não seria relevante quando comparada com o prejuízo de 23.566€ (0,89% do custo referente à tarifa fixa da Energia Simples relativo ao ano de 2014), ou seja, considerou-se que o ganho seria de 192.631€. Isto, claro, tendo em conta que a tarifa indexada da EDP irá dar origem a um valor igual ou menor ao valor correspondente à sua tarifa fixa, o qual foi usado para estas comparações.

A análise das propostas referentes à renovação da iluminação interior é outro dos pontos associados à eficiência energética e consequentemente à redução da fatura energética. Segundo o estudo realizado, o qual permitiu verificar qual seria a proposta mais rentável, e se a mesma ia ao encontro dos requisitos técnicos do IKEA Industry, foi possível verificar que a proposta que exige um menor investimento, continuando a ser ao longo do tempo a proposta mais rentável, oferece uma redução anual de 1.065.701 kWh, a qual equivale a uma poupança de 115.897€ (para o primeiro ano). Esta poupança conta não só com a redução do consumo da energia elétrica, mas também com a menor necessidade de renovação de equipamentos, ou seja, a proposta de renovação para luminárias LED, para além de uma poupança energética associada, apresenta ainda uma poupança de recursos, a qual diz

respeito à necessidade da deslocação de técnicos para proceder à alteração de equipamentos que deixaram de funcionar, e à requisição da plataforma elevatória.

Comparando a poupança energética obtida, associada à proposta do IKEA IMS, e tendo em conta o consumo de eletricidade ocorrido durante o ano fiscal de 2015, é possível converter esta poupança energética num valor percentual de 1,88%, o qual corresponde à diminuição percentual referente ao consumo obtido no ano fiscal de 2015. Em alternativa, se for considerada a proposta da Schréder, a qual apresenta um custo mais elevado, mas também uma maior eficiência, esta redução seria de 2.130.192 kWh, ou seja, 3,77% do consumo referente ao ano fiscal de 2015.

Com a aposta no projeto da instalação dos painéis fotovoltaicos, o qual se tornaria rentável ao final de 9 anos e que originaria um lucro de 9M€ em 25 anos, o IKEA Industry passaria a ter nas suas instalações a terceira maior instalação de painéis fotovoltaicos instalados em cobertura do mundo, ficando apenas atrás de uma instalação existente na Índia (11,5 MWp) e de outra nos Estados Unidos da América (6.4 MWp), ou seja, seria a maior da Europa. Para além de tal reputação, teria autonomia própria, cerca de 16%, deixando assim de estar totalmente dependente do fornecimento da rede elétrica, para a qual enviaria ainda energia renovável, nos períodos em que a produção supera o consumo.

Apesar do projeto realizado não contar para a diminuição do consumo energético, seria relevante para a diminuição da fatura energética, permitindo uma poupança, no primeiro ano, de cerca de 654.670 € referentes à energia renovável consumida, de 61.182 € associados à diminuição da potência em horas de ponta, de 1.201 € referentes à diminuição da potência contratada e de 38.832 € correspondentes à energia elétrica vendida à rede (segundo a metodologia utilizada), o que perfaz um total de 755.885 €. Através de uma análise a longo prazo, considerando as perdas dos painéis e os custos de manutenção, em 25 anos seria produzido três vezes o valor da energia consumida durante o ano civil de 2015.

Contributos

Ao longo da realização deste trabalho todas as tarefas relacionadas com o levantamento de dados foram realizadas por mim. Tarefas essas que englobam o levantamento dos consumos registados pelos vários contadores, consumos e custos energéticos recolhidos através das

faturas da eletricidade e levantamento da situação atual da fábrica a nível de luminárias (quantidades, potências, consumos e custos energéticos por área).

Para além do trabalho desenvolvido que se encontra presente na dissertação, foram também realizadas outras tarefas com foco na eficiência energética e na atribuição de custos por material produzido.

Uma dessas tarefas diz respeito ao levantamento de locais em que são utilizados sopradores, os quais funcionam a ar comprimido, de forma a detetar onde poderia ser aplicado um sistema inteligente para baixar o custo associado aos compressores, tendo-se registado, no total das duas fábricas, 81 sopradores em 58 locais distintos.

Outra das tarefas realizadas está relacionada com o custo energético, associado à iluminação, requerido por cada máquina, ou seja, para uma determinada área da fábrica onde se verifica um determinado consumo associado à iluminação, dividiu-se esse consumo por máquina, em função da área ocupada pela mesma. Para tal, através do *software* Autocad, foram medidas as áreas ocupadas por cada máquina, as quais foram posteriormente convertidas de forma ao seu somatório ser igual à área total da fábrica. Esta conversão foi realizada através da função *solver* do Microsoft Excel, o que permitiu manter a relação entre áreas inalterável.

O trabalho desenvolvido foi, sem dúvida, relevante, pois permitiu a aquisição de novos conhecimentos a nível da eficiência energética na indústria e uma aproximação com o mundo empresarial, onde as empresas necessitam de estar em constante melhoria para que o seu produto seja superior ao da concorrência, apresentando um preço e qualidade satisfatória para o cliente.

Referências

- [1] [Bipul Raman, 2012] - <http://electrical-engineering-portal.com/overview-of-single-phase-induction-type-energy-meter>, ultimo acesso em 2/09/2016
- [2] [Katherine Tweed, 2010] - <http://www.greentechmedia.com/articles/read/are-traditional-electricity-meters-accurate>, ultimo acesso em 2/09/2016
- [3] [Benton Pud] - FAQs: Advanced Meters, ultimo acesso em 2/09/2016
- [4] [Gonçalo Ferreira, 2014] - Metodologias de Projecto de Sistemas de Monitorização e Reporte de Energia
- [5] [EDP] - <http://www.edp.pt/pt/negocios/PerguntasFrequentes/Pages/PerguntasFrequentes.aspx>, ultimo acesso em 10/09/2016
- [6] [ERSE] - <http://www.erse.pt/pt/electricidade/liberalizacaodosector/Paginas/default.aspx>, ultimo acesso em 10/09/2016
- [7] [ERSE] – Resumo informativo do mercado liberalizado de eletricidade, 2015
- [8] [ERSE] - http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/tarifasreguladasdeanosanteriores/Documents/TVCF2005/Folhetos2005/TVCFMTeBTE_2005_SEP.pdf, ultimo acesso em 10/09/2016
- [9] [ERSE] - <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/Paginas/default.aspx>, ultimo acesso em 10/09/2016
- [10] [ERSE] - <http://www.erse.pt/pt/electricidade/tarifaseprecos/2016/Paginas/default.aspx>, ultimo acesso em 10/09/2016
- [11] [Teresa Nogueira, 2012] – Comercialização e transação de energia elétrica – SELE I
- [12] [EDP] - <http://www.edpsu.pt/pt/CUR/Pages/compraDeEnergia.aspx>, ultimo acesso em 10/09/2016
- [13] [ERSE] - <http://www.erse.pt/pt/supervisaodemercados/mercadoeelectricidade/mercadiario/paginas/default.aspx>, ultimo acesso em 10/09/2016
- [14] [Energia Simples] - <http://www.energiasimples.pt/faqs.php>, ultimo acesso em 10/09/2016
- [15] [ABB] - <http://new.abb.com/products/2CSM180050R1021/dmtme-i-485-digital-multimeter>, ultimo acesso em 15/08/2016

- [16] [ERSE] - Simuladores de Comparação de Preços no Mercado, opção “casal com dois filhos”
- [17] [bright-solar] - <http://www.bright-solar.pt/>, ultimo acesso em 25/08/2016
- [18] [EDP] - <https://energia.edp.pt/empresas/apoio-cliente/origem-energia/?sector=Total%20EDP%20Comercial&year=2015&period=0>, ultimo acesso em 25/08/2016
- [19] [aea] - <http://www.arborenviroentalalliance.com/carbon-tree-facts.asp>, ultimo acesso em 25/08/2016

Anexo A. Resultados da plataforma de monitorização

Neste anexo encontram-se descritas as análises provenientes da simulação realizada, através plataforma de monitorização do consumo, as quais dizem respeito à comparação de consumos médios registados durante os fins-de-semana de junho e de julho, nomeadamente durante as primeiras 7h dos domingos em causa.

Análise Comparativa – Global

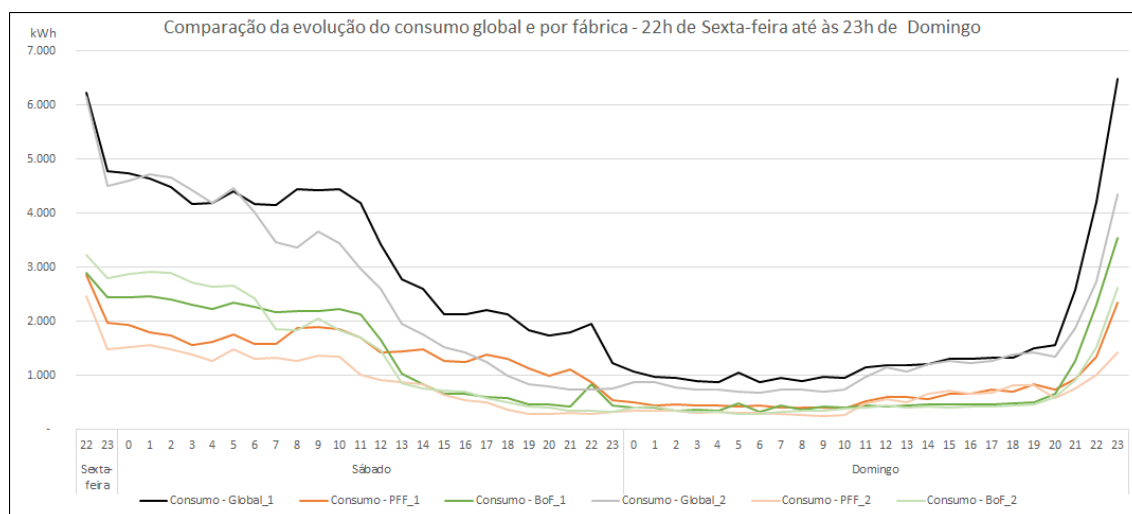


Gráfico 15 – Comparação da evolução do consumo global e por fábrica

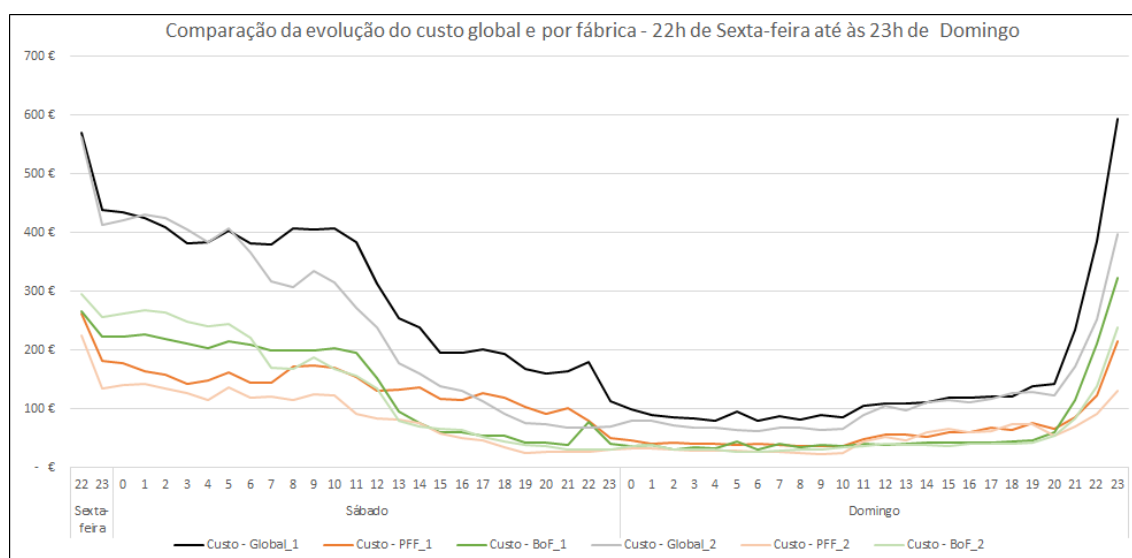


Gráfico 16 – Comparação da evolução do custo global e por fábrica

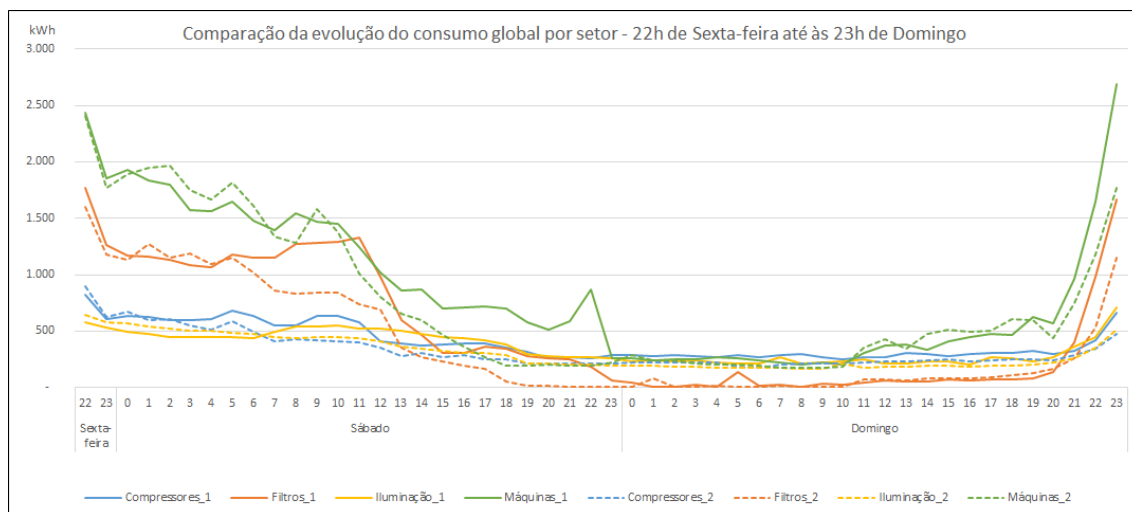


Gráfico 17 – Comparação da evolução do consumo global por setor

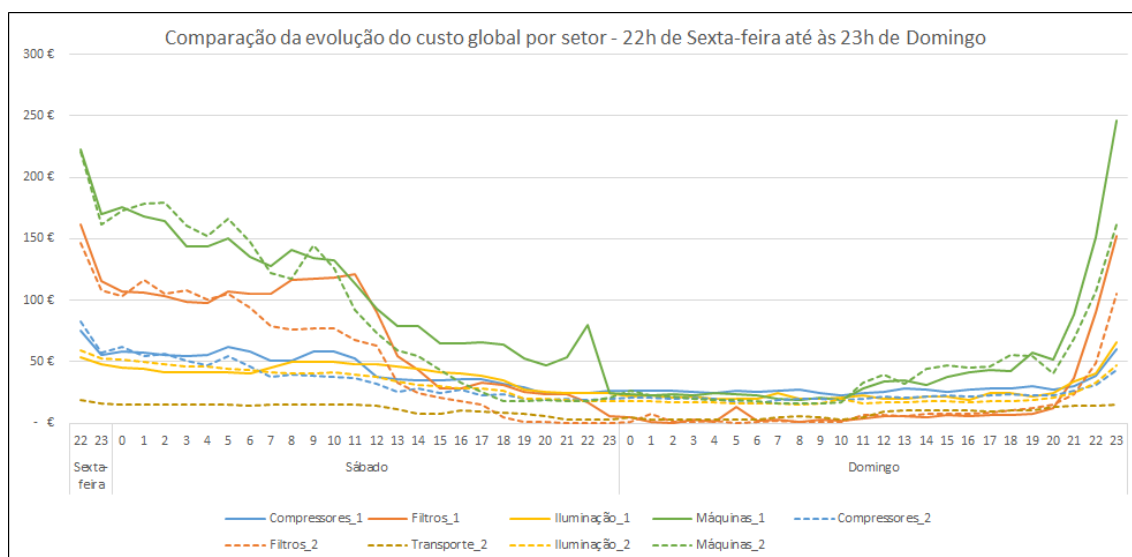


Gráfico 18 – Comparação da evolução do custo global por setor

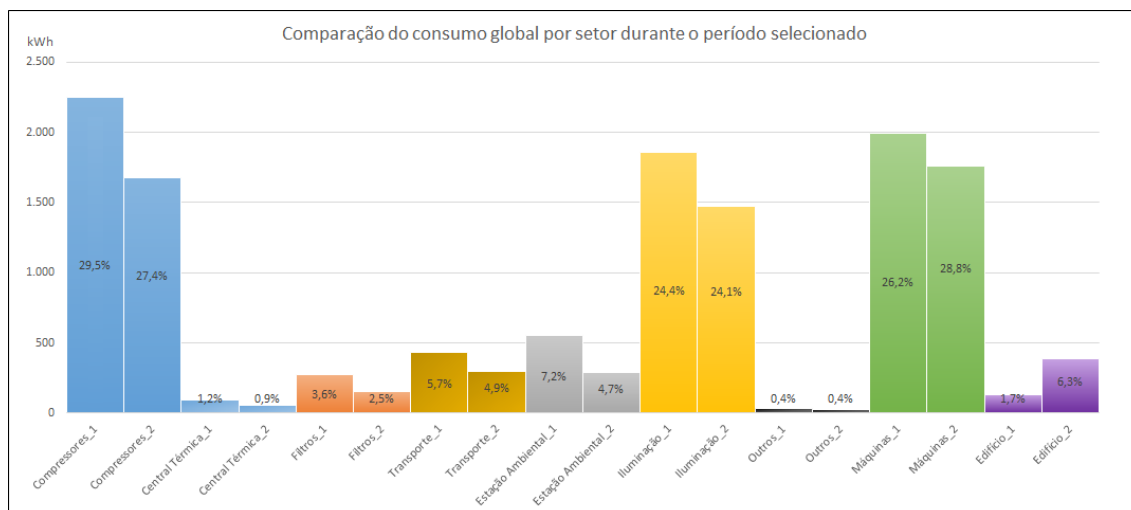


Gráfico 19 – Comparação do consumo global por setor durante o período selecionado

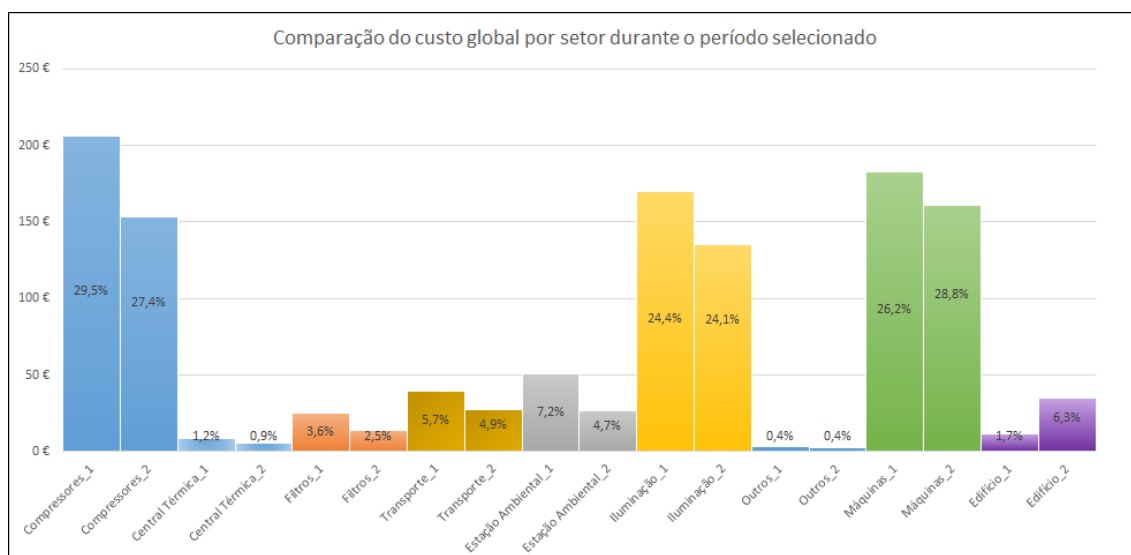


Gráfico 20 – Comparação do custo global por setor durante o período selecionado

Tabela 27 – Report PFF e BoF relativo ao período selecionado

Report PFF + BoF				
Fábrica	Consumo [kWh]	Custo	Encargo face ao consumo do local	Encargo face ao consumo global
Global_1	6.651	609 €	-21%	
Global_2	5.232	479 €		
Diminiu	- 1.419	- 130 €		
PFF_1	3.546	324 €	-28%	53%
PFF_2	2.536	232 €		48%
Diminiu	- 1.009	- 92 €		-5%
BoF_1	3.106	284 €	-13%	47%
BoF_2	2.696	247 €		52%
Diminiu	- 410	- 37 €		5%
Setor	Consumo [kWh]	Custo	Encargo face ao consumo do setor	Encargo face ao consumo global
Compressores_1	2.250	206 €	-25%	33,8%
Compressores_2	1.678	154 €		32,1%
Diminiu	- 572	- 52 €		-2%
Filtros_1	277	25 €	-44%	4,2%
Filtros_2	154	14 €		2,9%
Diminiu	- 123	- 11 €		-1%
Transporte_1	272	25 €	-39%	4,1%
Transporte_2	165	15 €		3,2%
Diminiu	- 107	- 10 €		-1%
Iluminação_1	1.858	170 €	-21%	27,9%
Iluminação_2	1.475	135 €		28,2%
Diminiu	- 383	- 35 €		0%
Máquinas_1	1.994	182 €	-12%	30,0%
Máquinas_2	1.760	161 €		33,6%
Diminiu	- 234	- 21 €		4%

Análise Comparativa - PFF

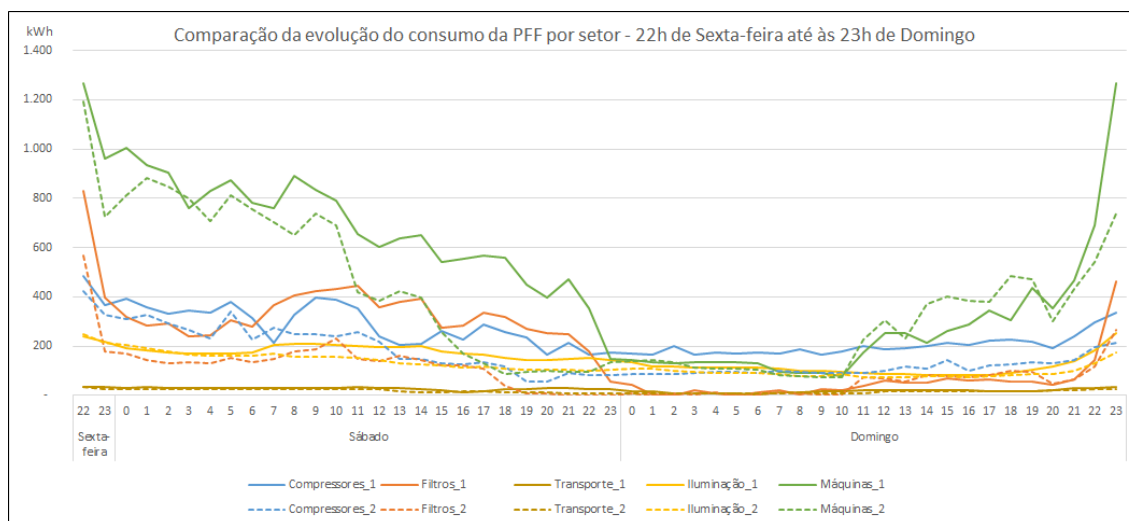


Gráfico 21 – Comparação da evolução do consumo da PFF por setor

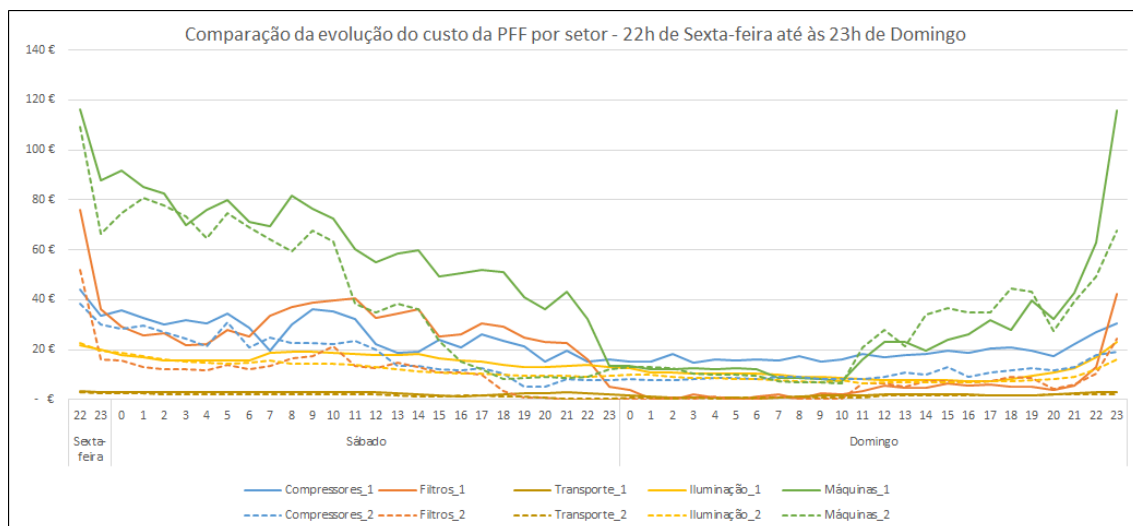


Gráfico 22 – Comparação da evolução do custo da PFF por setor

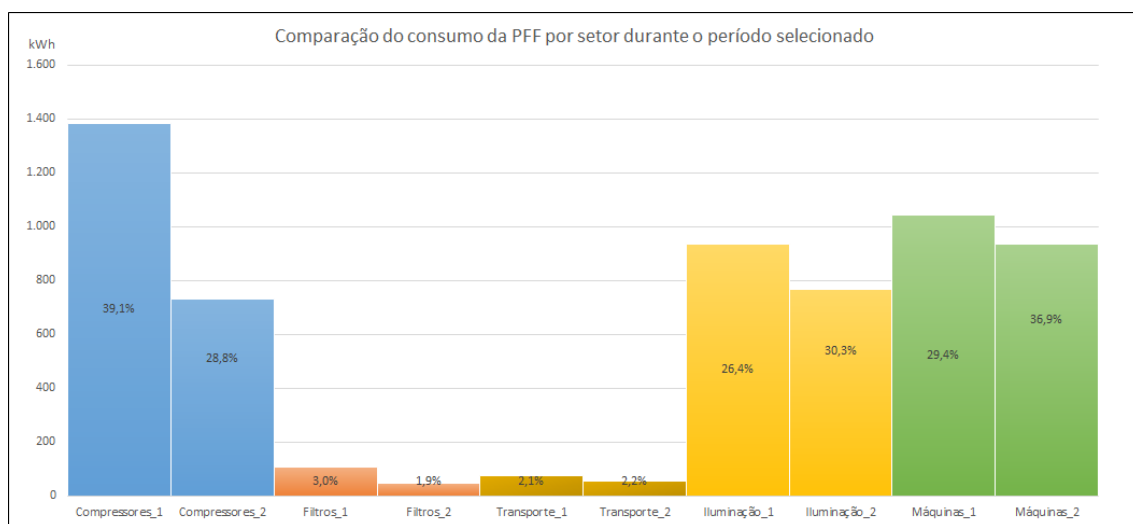


Gráfico 23 – Comparação do consumo da PFF por setor durante o período selecionado

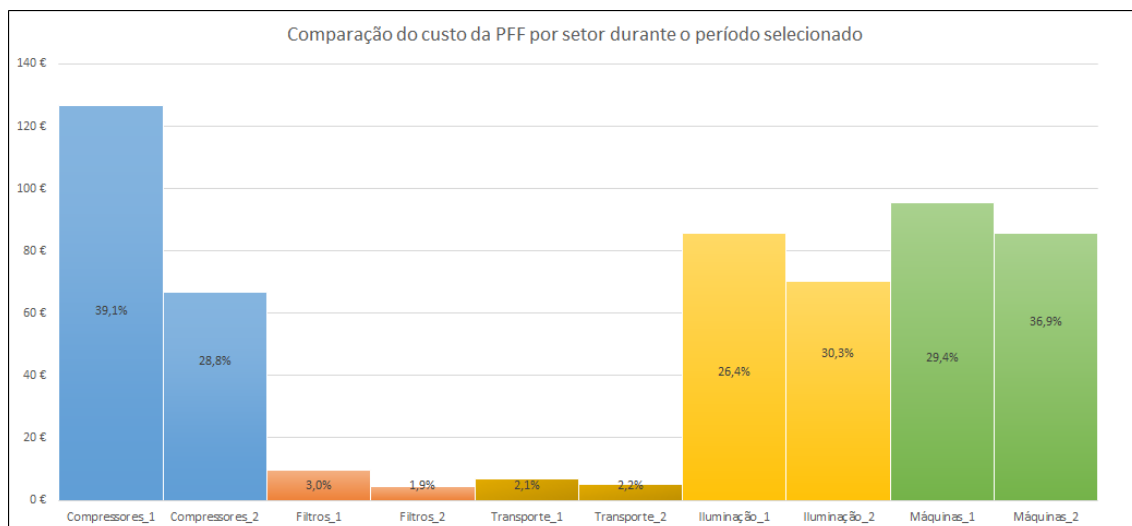


Gráfico 24 – Comparação do custo da PFF por setor durante o período selecionado

Tabela 28 – Report PFF

Report - PFF					
Fábrica	Consumo [kWh]	Custo	Encargo face ao consumo da fábrica	Encargo face ao consumo global	
PFF_1	3.546	324 €		46,5%	
PFF_2	2.536	232 €	-28%	41,5%	
Diminuiu -	1.009	- 92 €		-5,1%	
Sector	Consumo [kWh]	Custo	Encargo face ao consumo do setor	Encargo face ao consumo da PFF	
Compressores_1	1.385	127 €		39,1%	
Compressores_2	730	67 €	-47%	28,8%	
Diminuiu -	656	- 60 €		-10%	
Filtros_1	106	10 €		3,0%	
Filtros_2	48	4 €	-55%	1,9%	
Diminuiu -	58	- 5 €		-1%	
Transporte_1	75	7 €		2,1%	
Transporte_2	55	5 €	-26%	2,2%	
Diminuiu -	20	- 2 €		0%	
Iluminação_1	937	86 €		26,4%	
Iluminação_2	769	70 €	-18%	30,3%	
Diminuiu -	168	- 15 €		4%	
Máquinas_1	1.043	95 €		29,4%	
Máquinas_2	935	86 €	-10%	36,9%	
Diminuiu -	108	- 10 €		7%	

Análise Comparativa - BoF

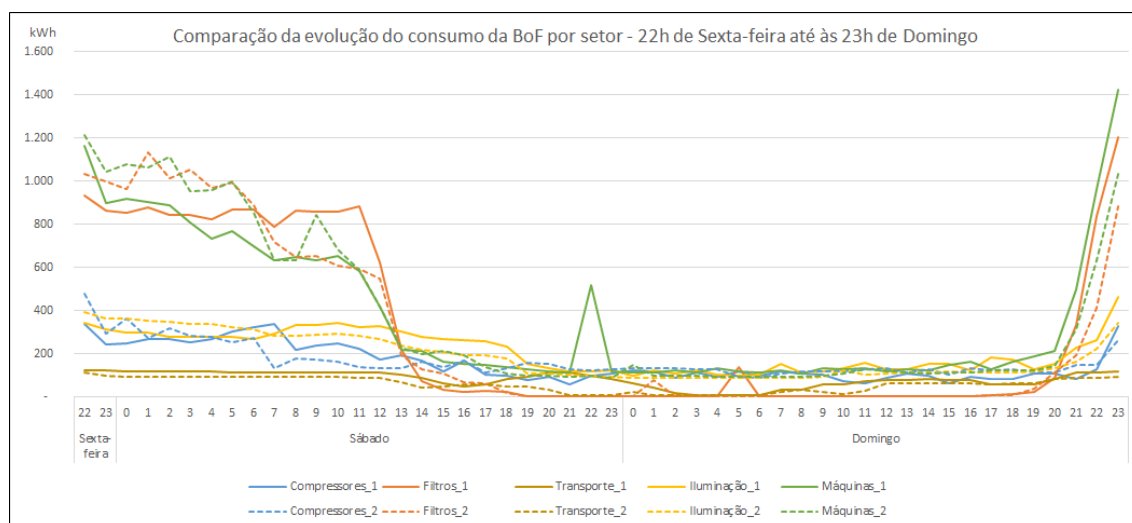


Gráfico 25 – Comparação da evolução do consumo da BoF por setor

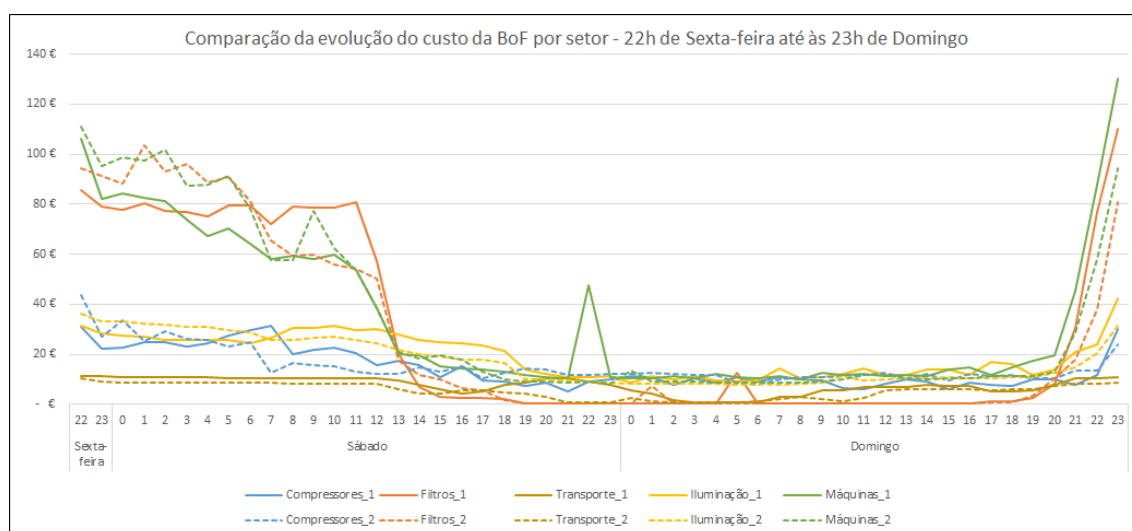


Gráfico 26 – Comparação da evolução do custo da BoF por setor

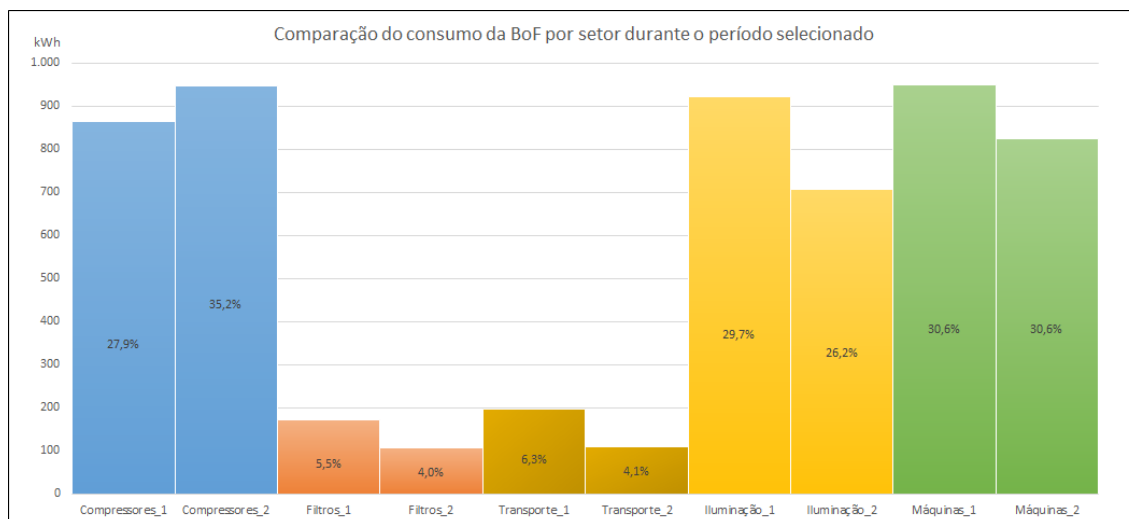


Gráfico 27 – Comparação do consumo da BoF por setor durante o período selecionado

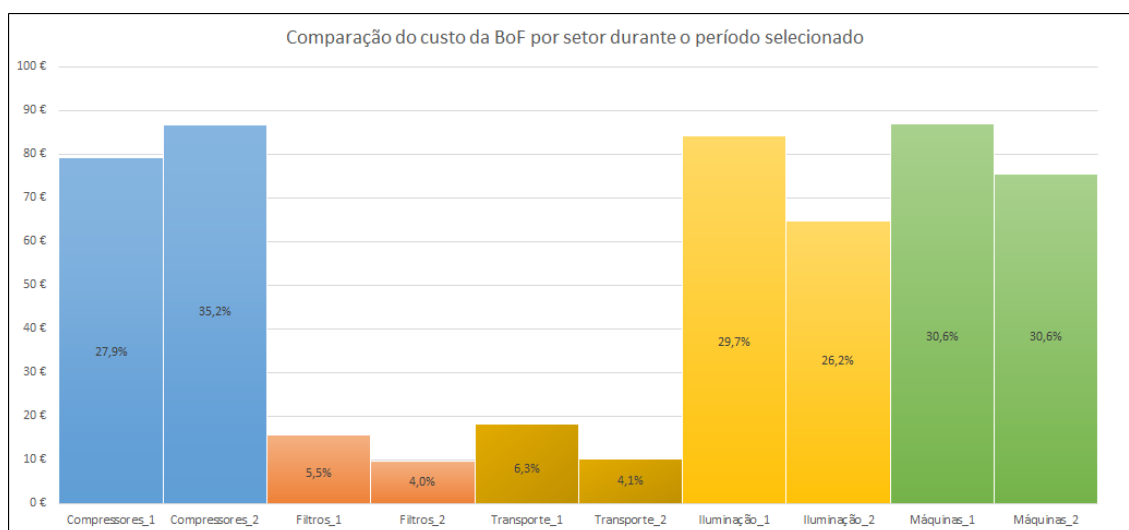


Gráfico 28 – Comparação do custo da BoF por setor durante o período selecionado

Tabela 29 – Report BoF

Report - BoF					
Fábrica	Consumo [kWh]	Custo	Encargo face ao consumo da fábrica	Encargo face ao consumo global	
BoF_1	3.106	284 €		40,8%	
BoF_2	2.696	247 €	-13%	44,1%	
Diminuiu -	410	- 37 €		3,3%	
Setor	Consumo [kWh]	Custo	Encargo face ao consumo do setor	Encargo face ao consumo da BoF	
Compressores_1	865	79 €		27,9%	
Compressores_2	948	87 €	10%	35,2%	
Aumentou	83	8 €		7%	
Filtros_1	171	16 €		5,5%	
Filtros_2	107	10 €	-38%	4,0%	
Diminuiu -	65	- 6 €		-2%	
Transporte_1	197	18 €		6,3%	
Transporte_2	110	10 €	-44%	4,1%	
Diminuiu -	87	- 8 €		-2%	
Iluminação_1	922	84 €		29,7%	
Iluminação_2	706	65 €	-23%	26,2%	
Diminuiu -	216	- 20 €		-3%	
Máquinas_1	951	87 €		30,6%	
Máquinas_2	825	75 €	-13%	30,6%	
Diminuiu -	126	- 12 €		0%	

Análise Individual - Global (média dos consumos dos fins-de-semana de junho)

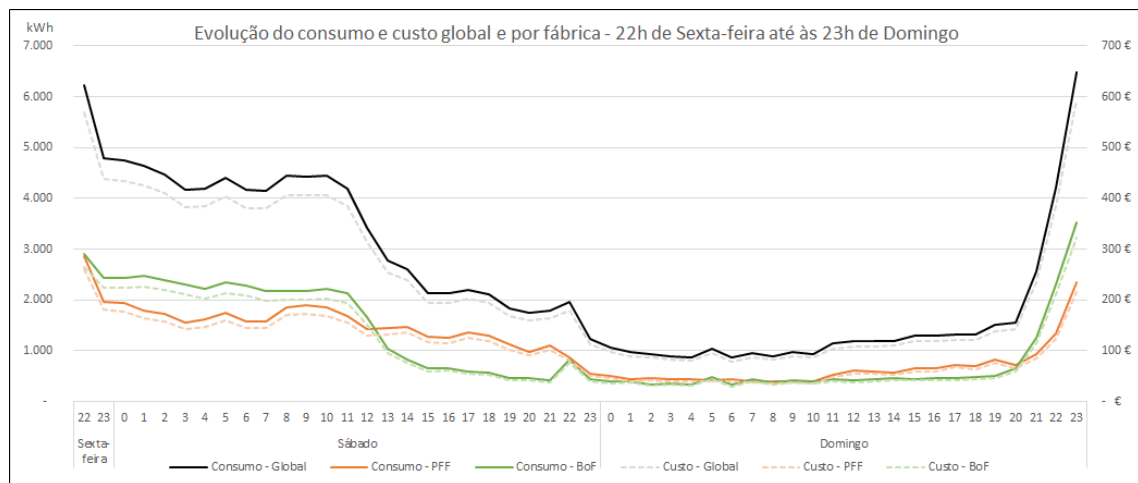


Gráfico 29 – Evolução do consumo e custo global e por fábrica

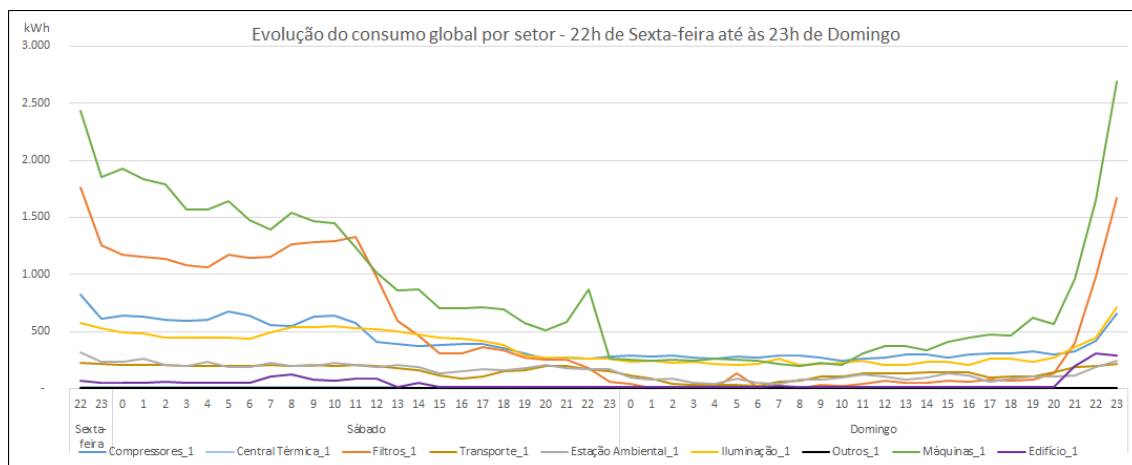


Gráfico 30 – Evolução do consumo global por setor

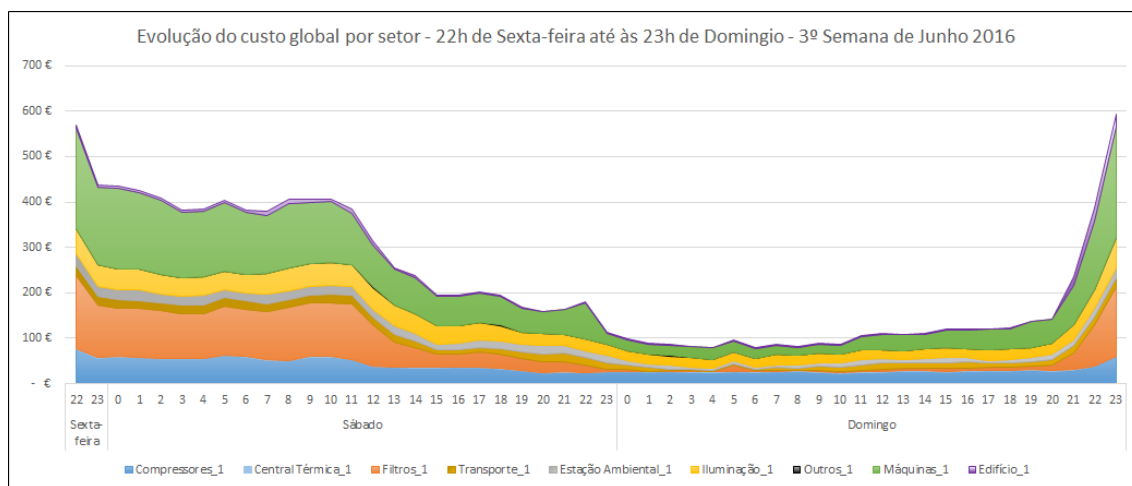


Gráfico 31 - Evolução do custo global por setor

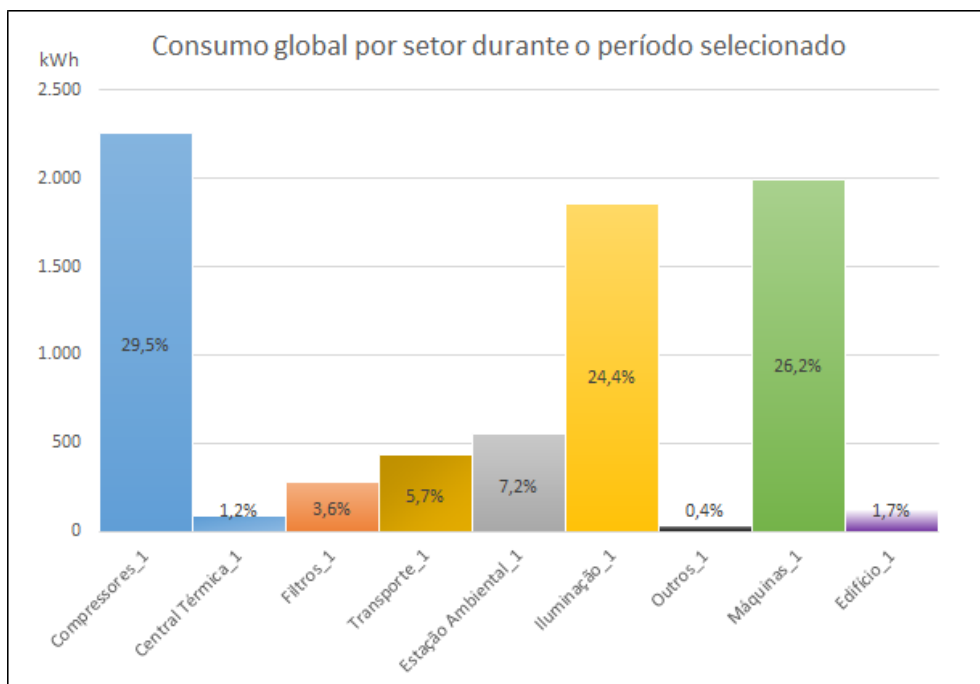


Gráfico 32 – Consumo global por setor durante o período selecionado

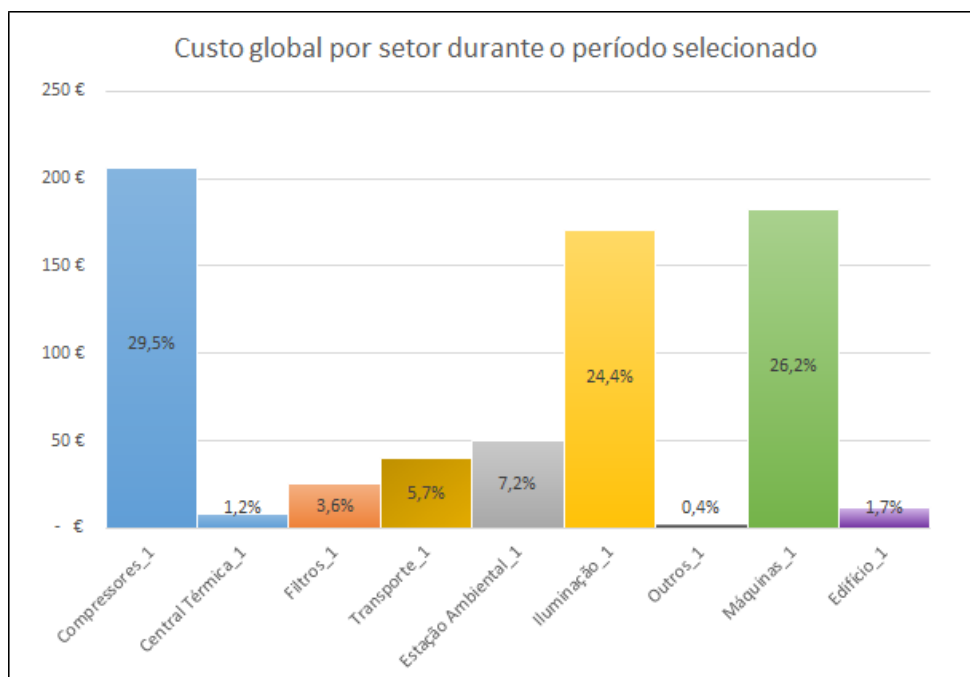


Gráfico 33 – Custo global por setor durante o período selecionado

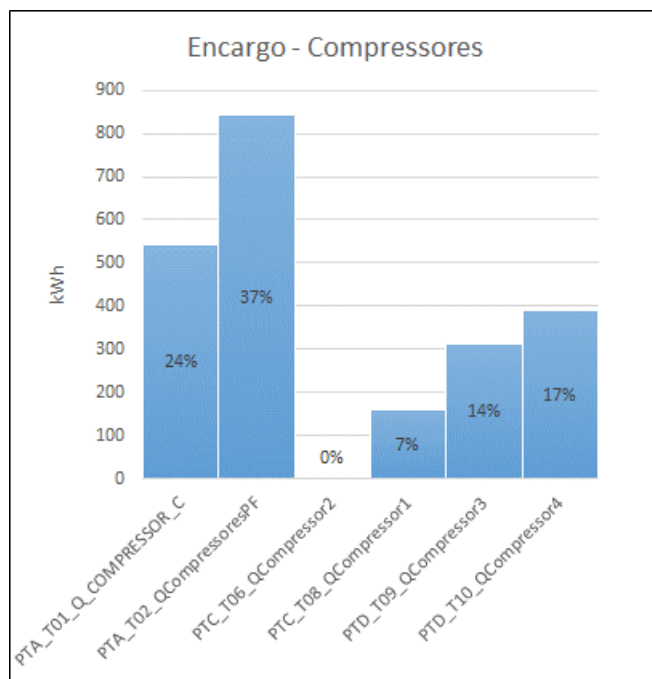


Gráfico 34 – Encargo dos compressores

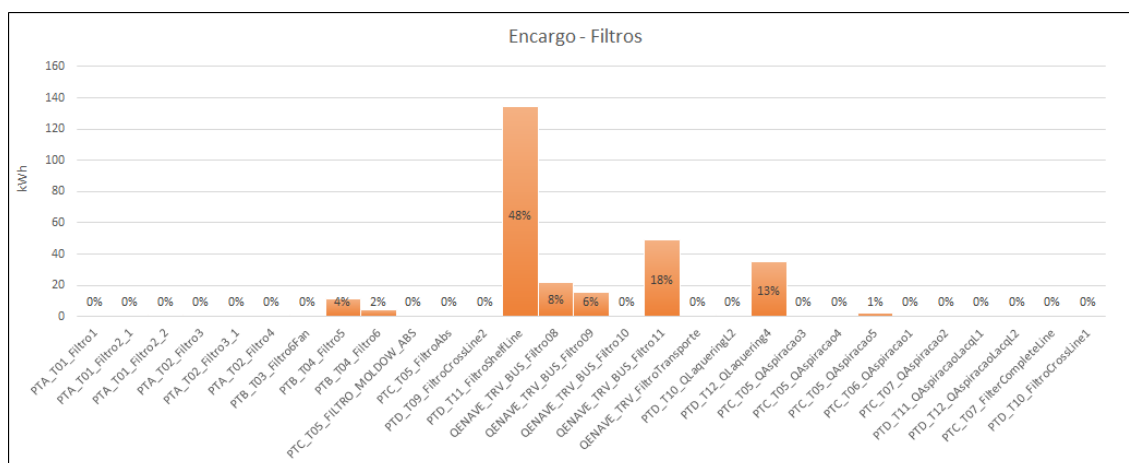


Gráfico 35 – Encargo dos filtros

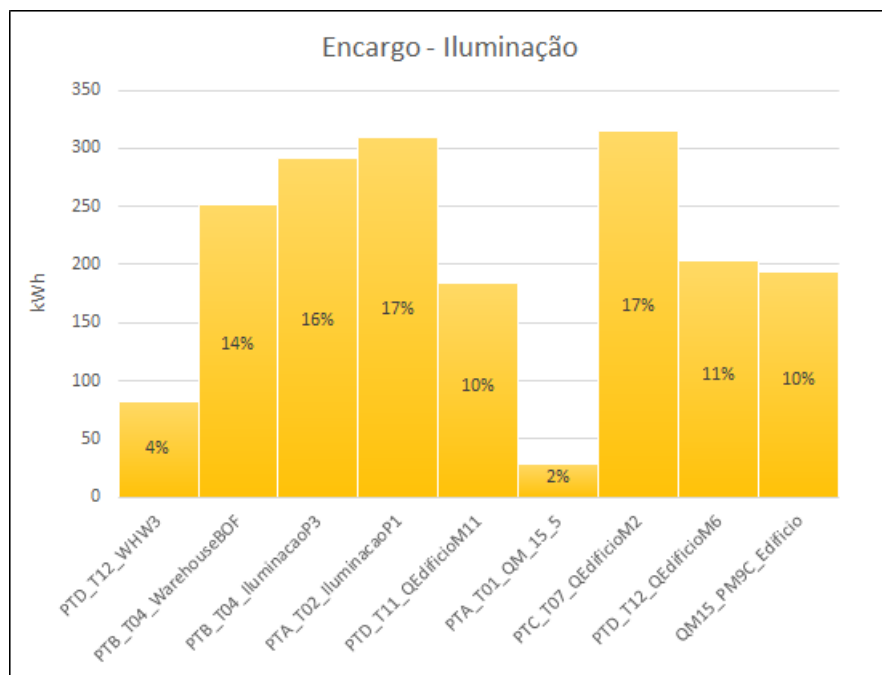


Gráfico 36 – Encargo da iluminação

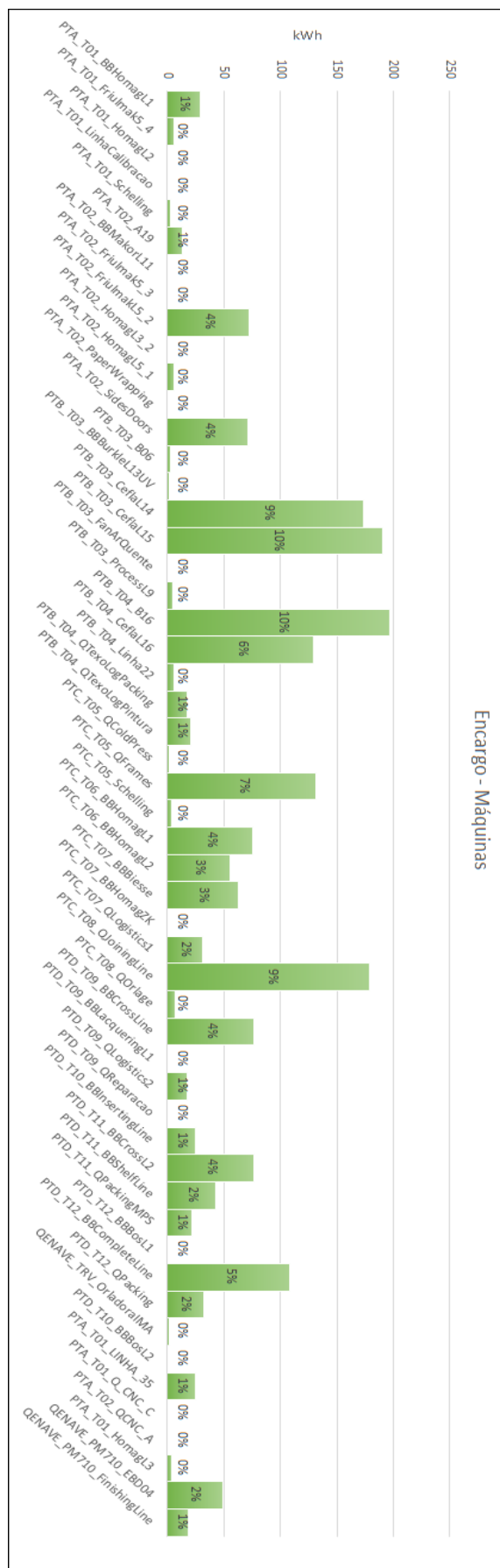


Gráfico 37 – Encargo das máquinas

Análise Individual - PFF (média dos consumos dos fins-de-semana de junho)

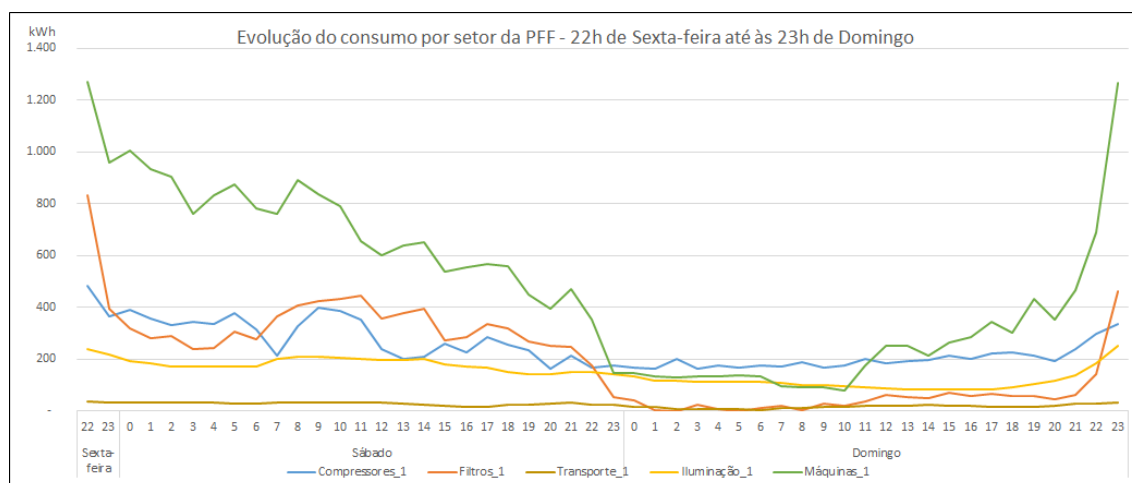


Gráfico 38 – Evolução do consumo por setor da PFF

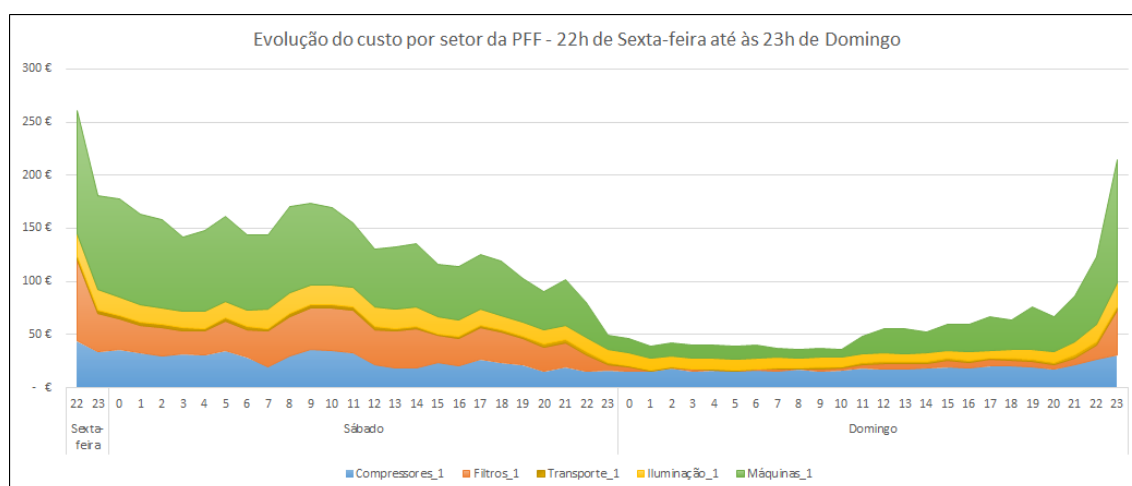


Gráfico 39 – Evolução do custo por setor da PFF

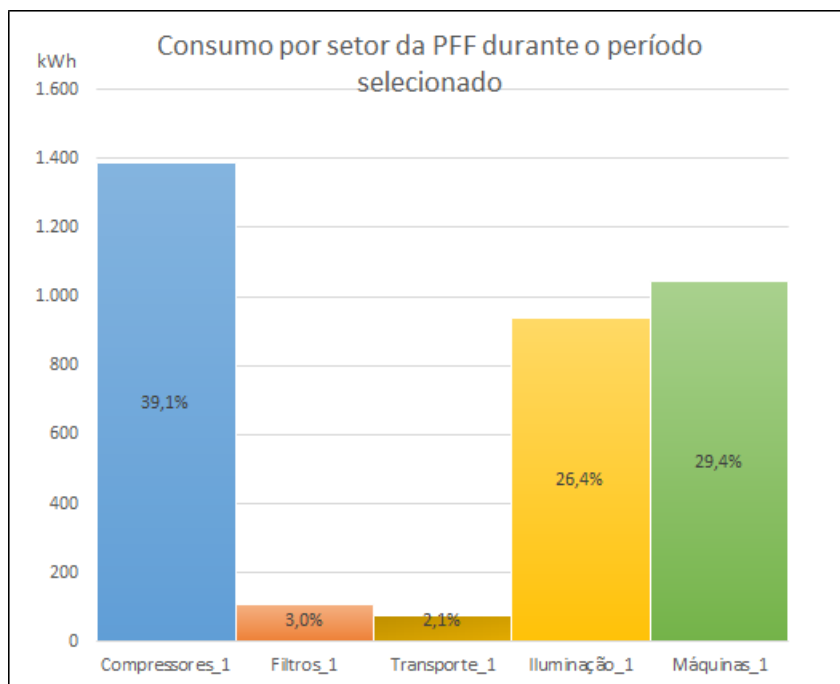


Gráfico 40 – Consumo por setor da PFF durante o período selecionado

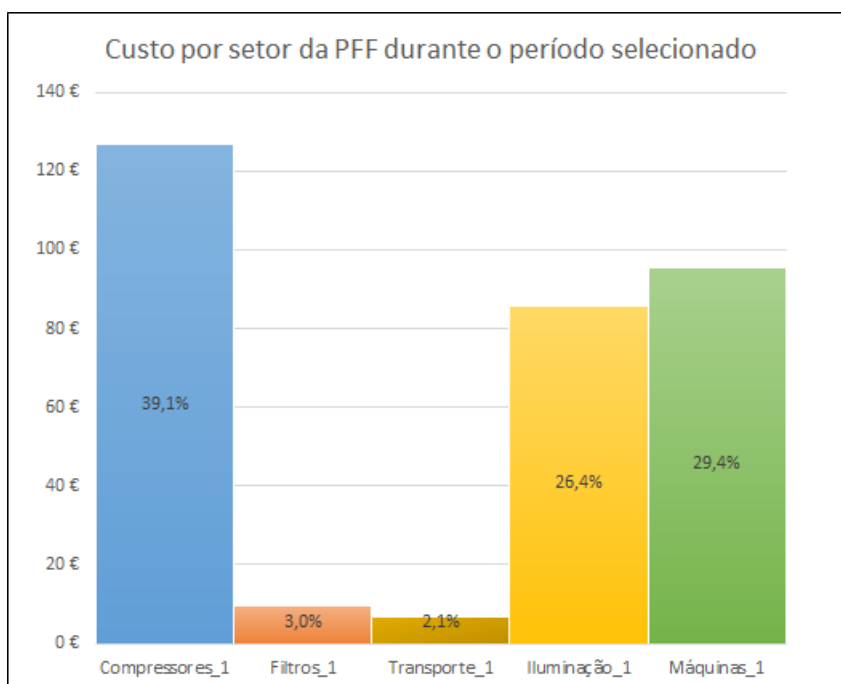


Gráfico 41 – Custo por setor da PFF durante o período selecionado

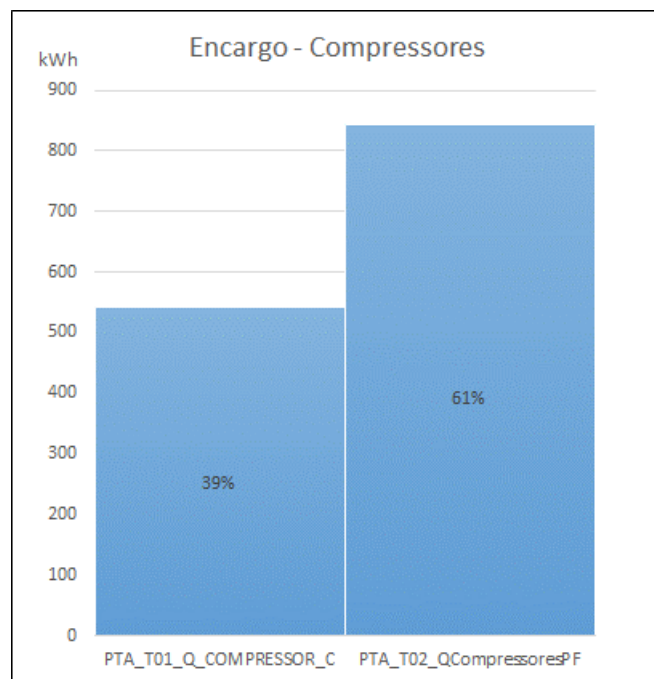


Gráfico 42 – Encargo dos compressores

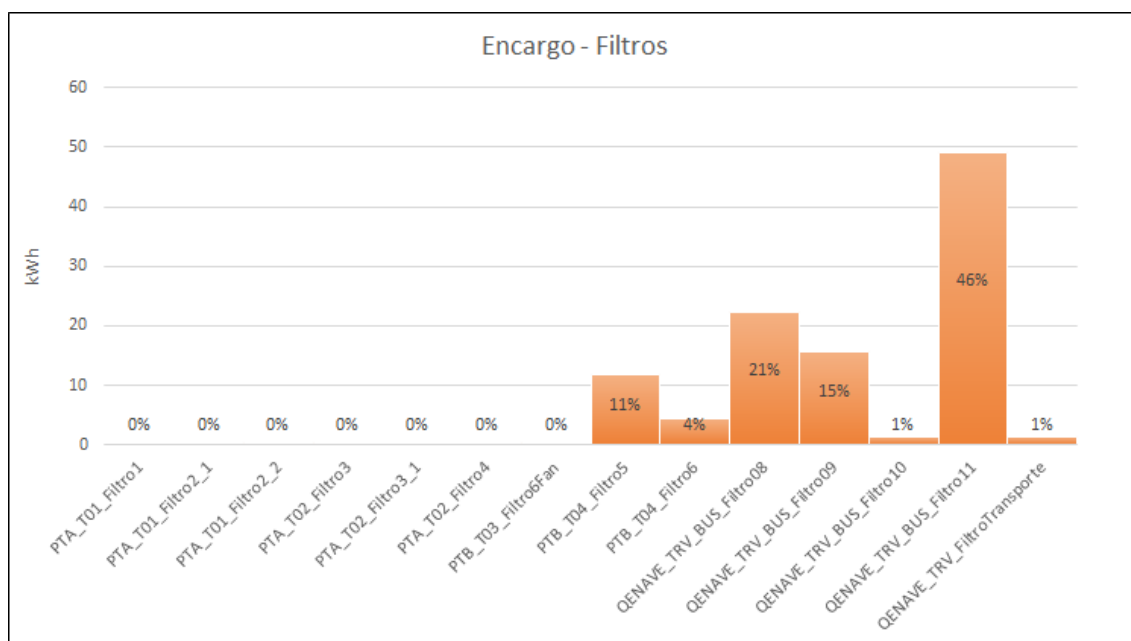


Gráfico 43 – Encargo dos filtros

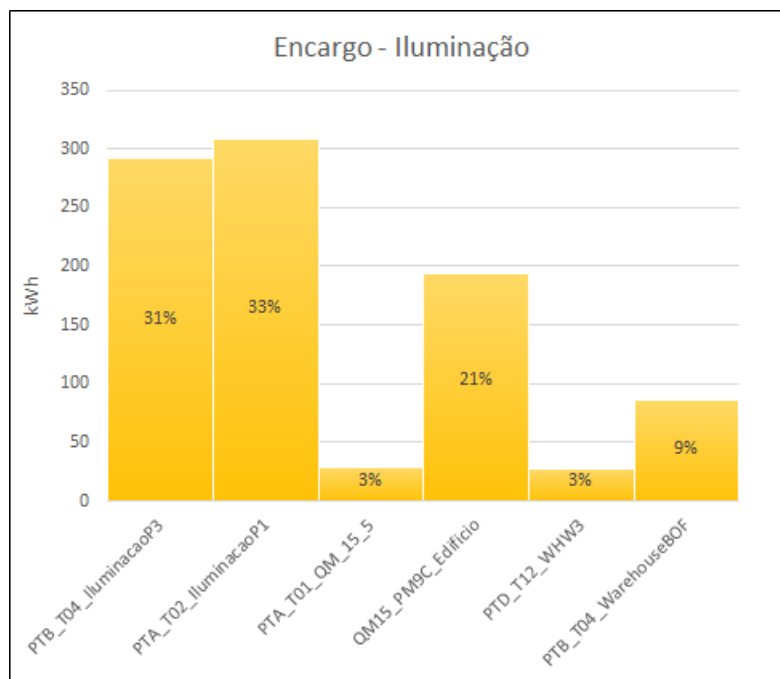


Gráfico 44 – Encargo da iluminação

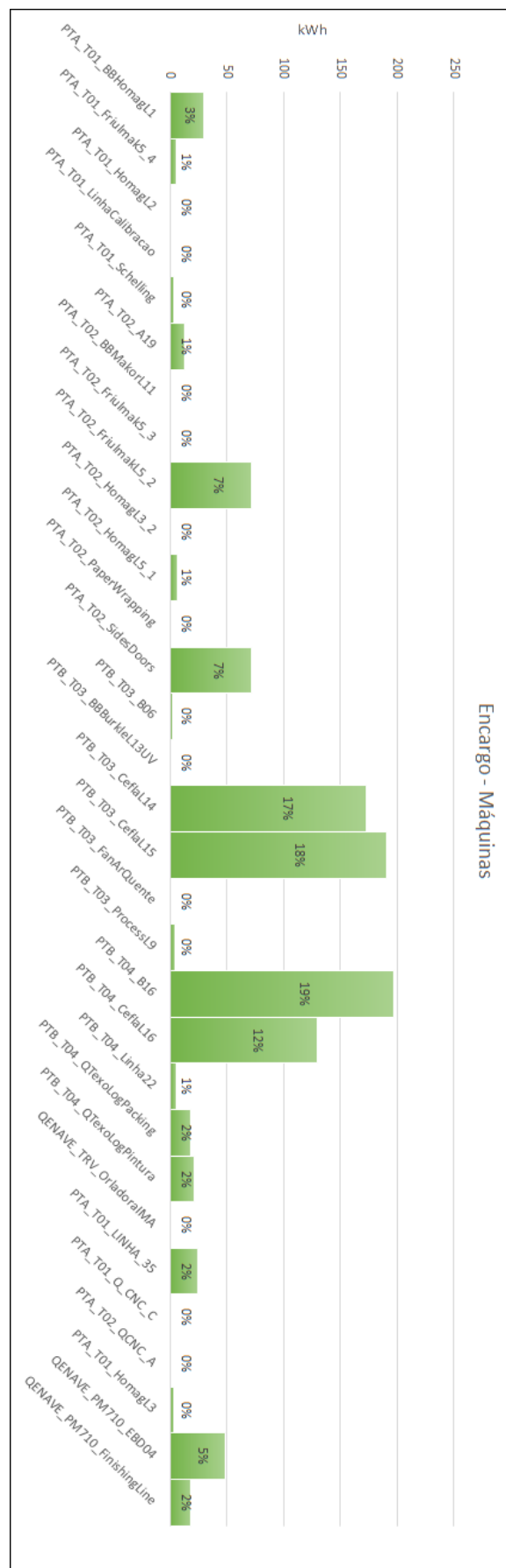


Gráfico 45 – Encargo das máquinas

Análise Individual - BoF (média dos consumos dos fins-de-semana de junho)

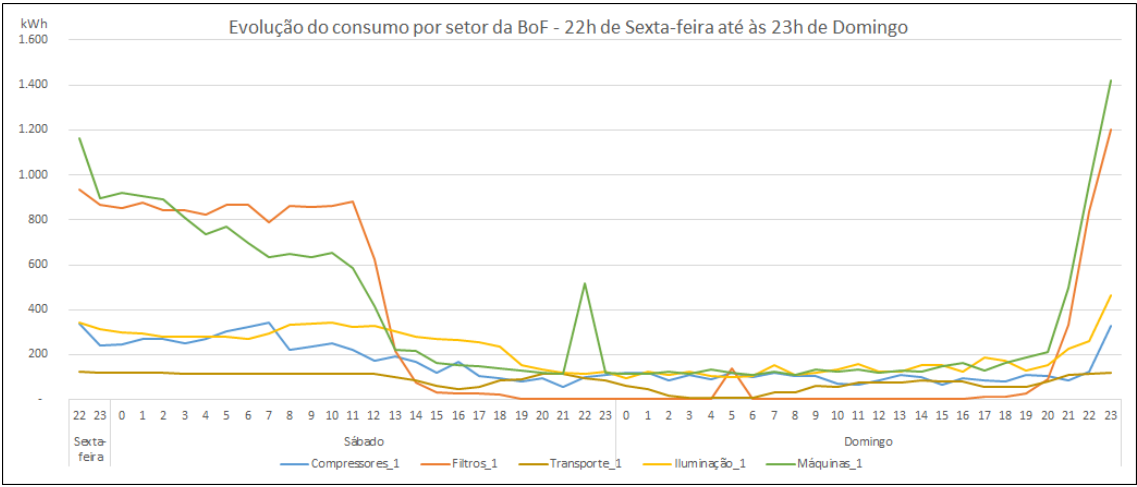


Gráfico 46 – Evolução do consumo por setor da BoF

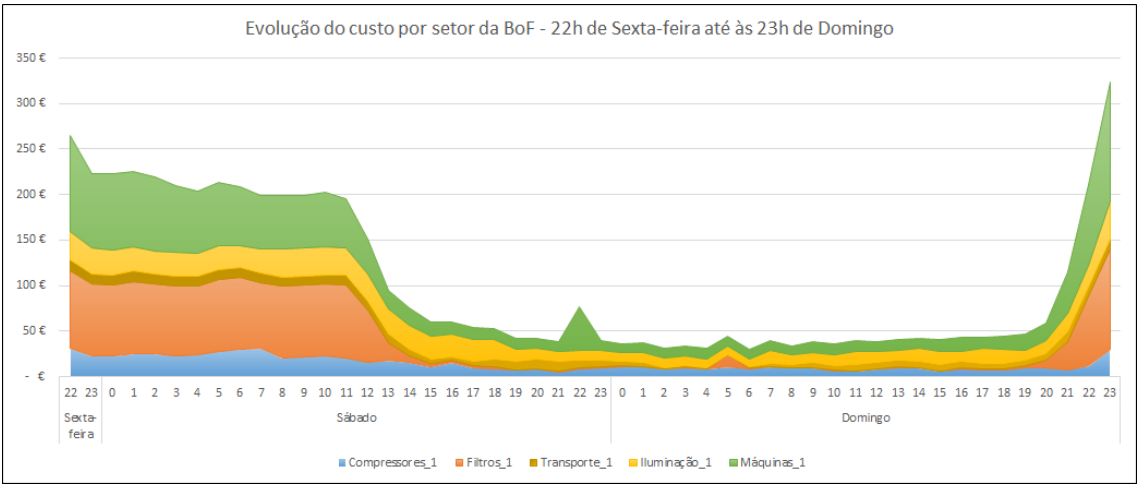


Gráfico 47 – Evolução do custo por setor da BoF

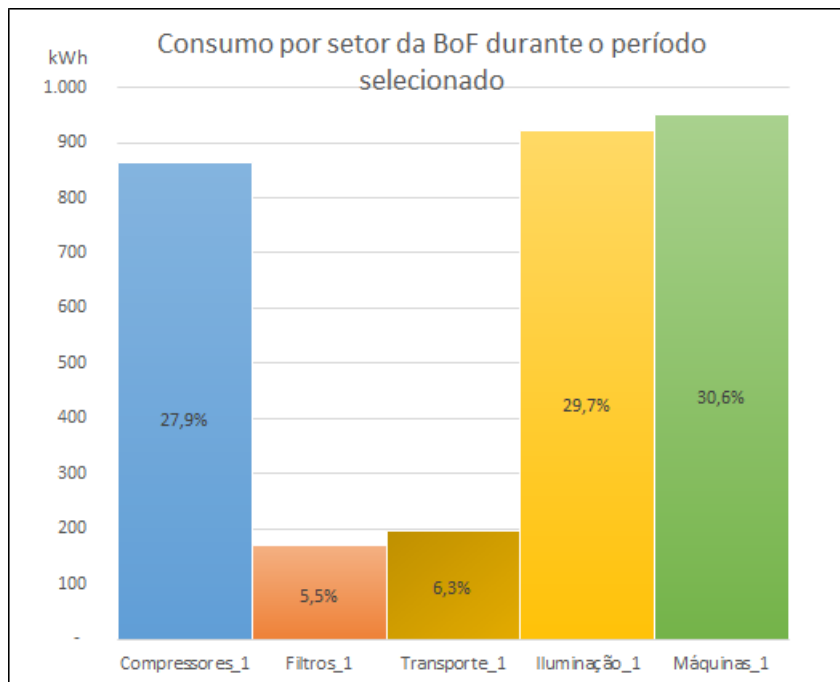


Gráfico 48 – Consumo por setor da BoF durante o período selecionado

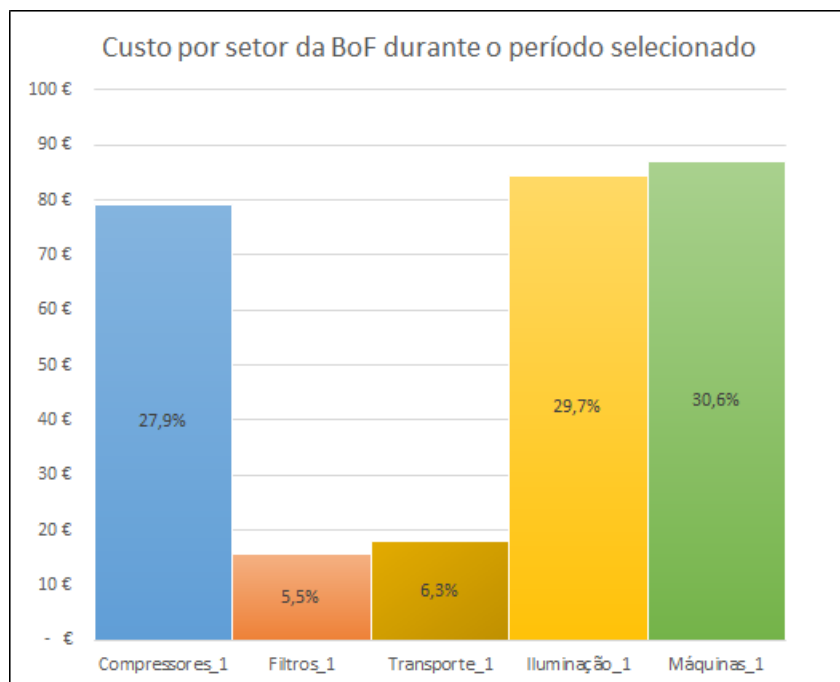


Gráfico 49 – Custo por setor da BoF durante o período selecionado

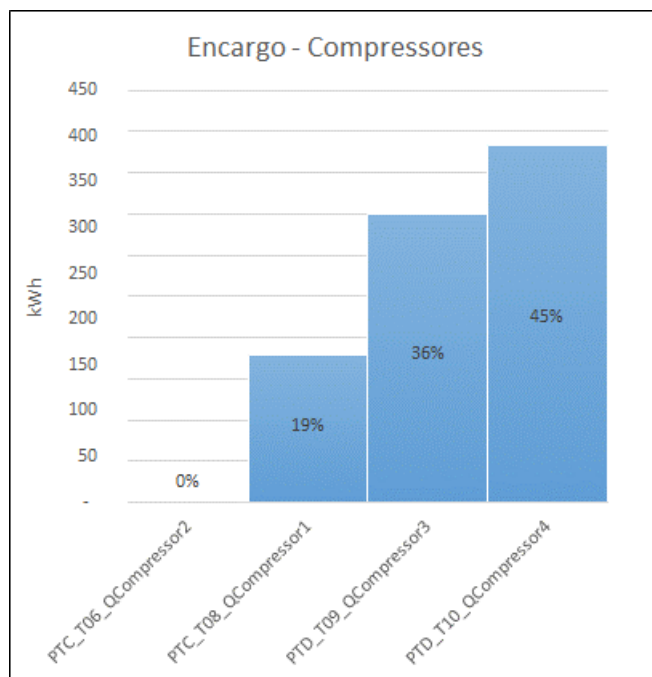


Gráfico 50 – Encargo dos compressores

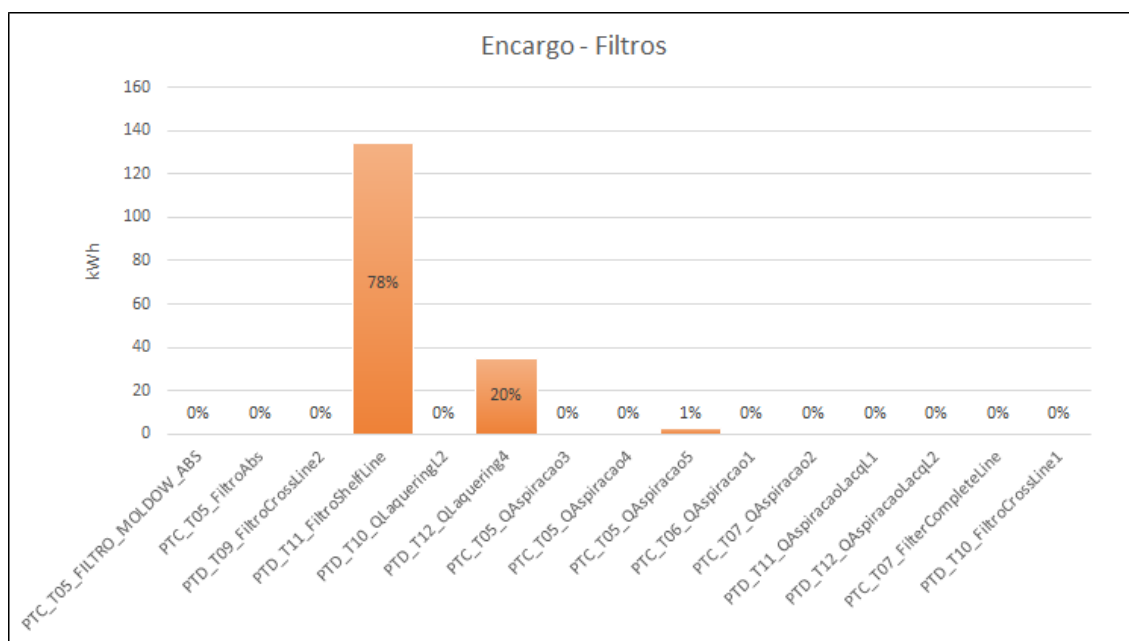


Gráfico 51 – Encargo dos filtros

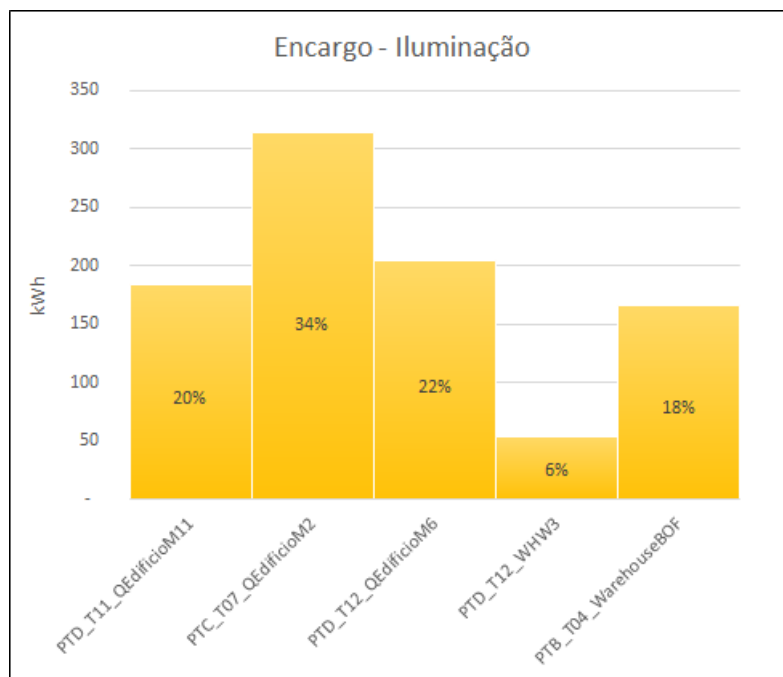


Gráfico 52 – Encargo da iluminação

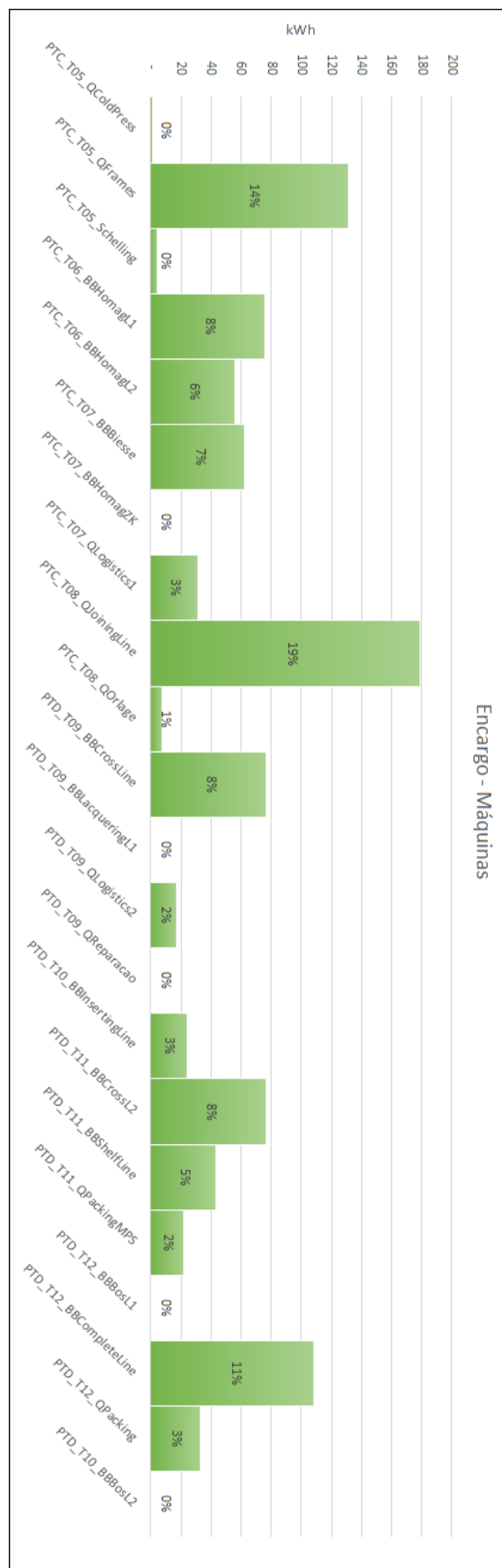


Gráfico 53 – Encargo das máquinas

Anexo B. Restantes resultados provenientes do simulador de tarifas energéticas

Neste anexo encontram-se as restantes análises provenientes do simulador de tarifas energéticas.

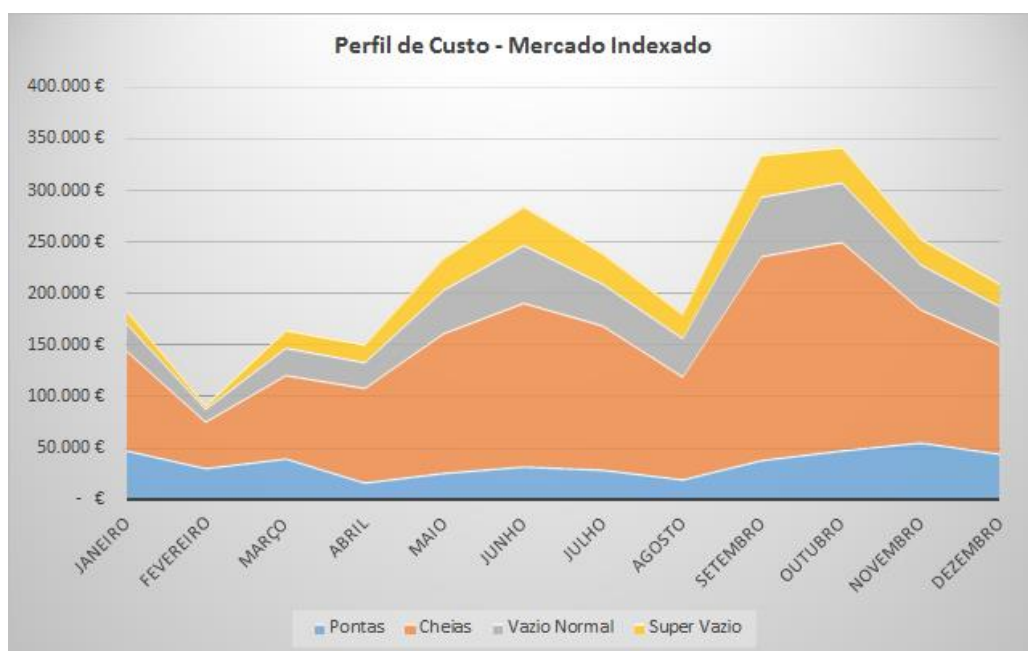


Gráfico 54 - Perfil de custo associado à tarifa indexada sem a adição da TAR

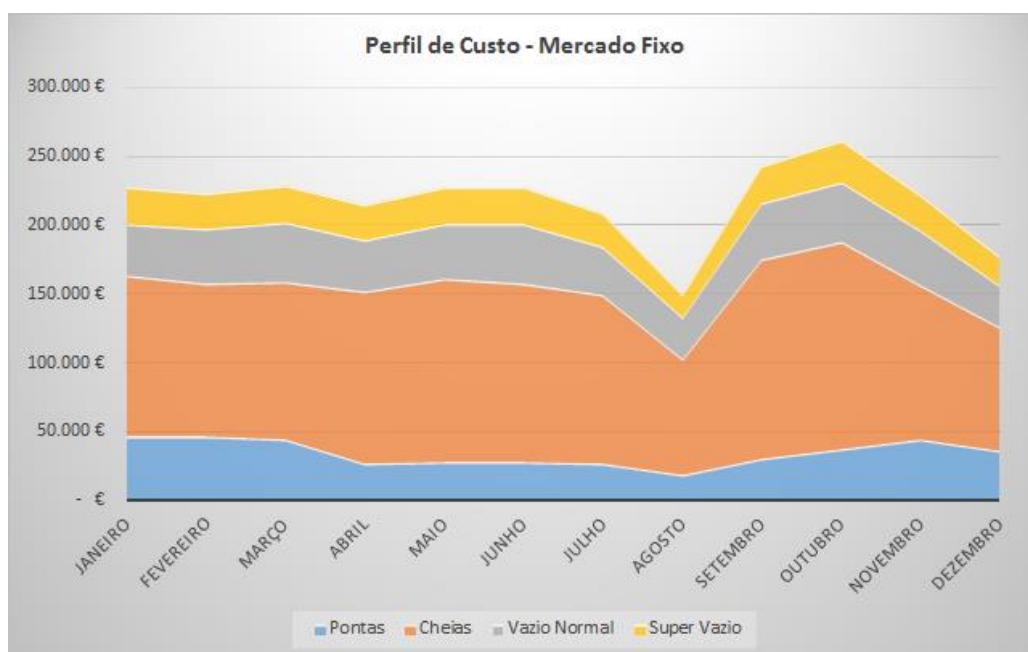


Gráfico 55 - Perfil de custo associado à tarifa fixa sem a adição da TAR

Análise gráfica atualizada com a adição da TAR

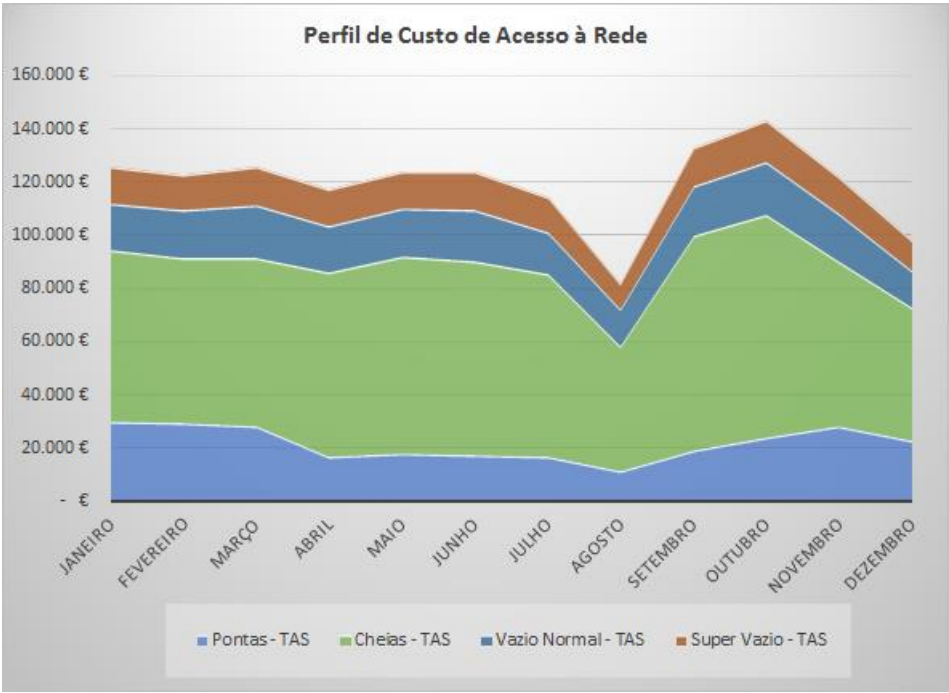


Gráfico 56 - Perfil de custo associado à TAR

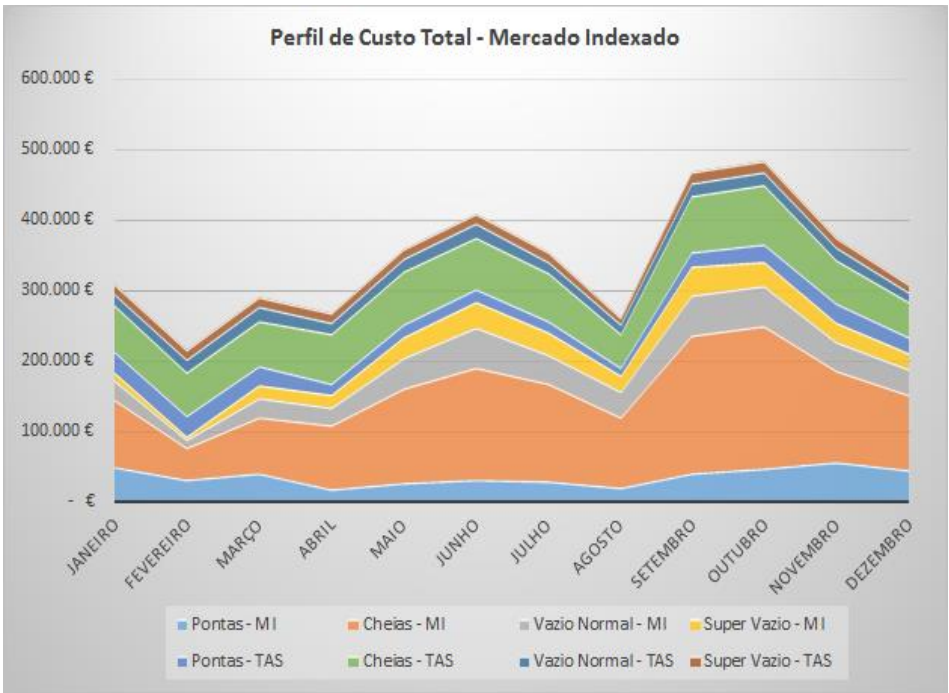


Gráfico 57 - Perfil de custo associado à tarifa indexada com a adição da TAR

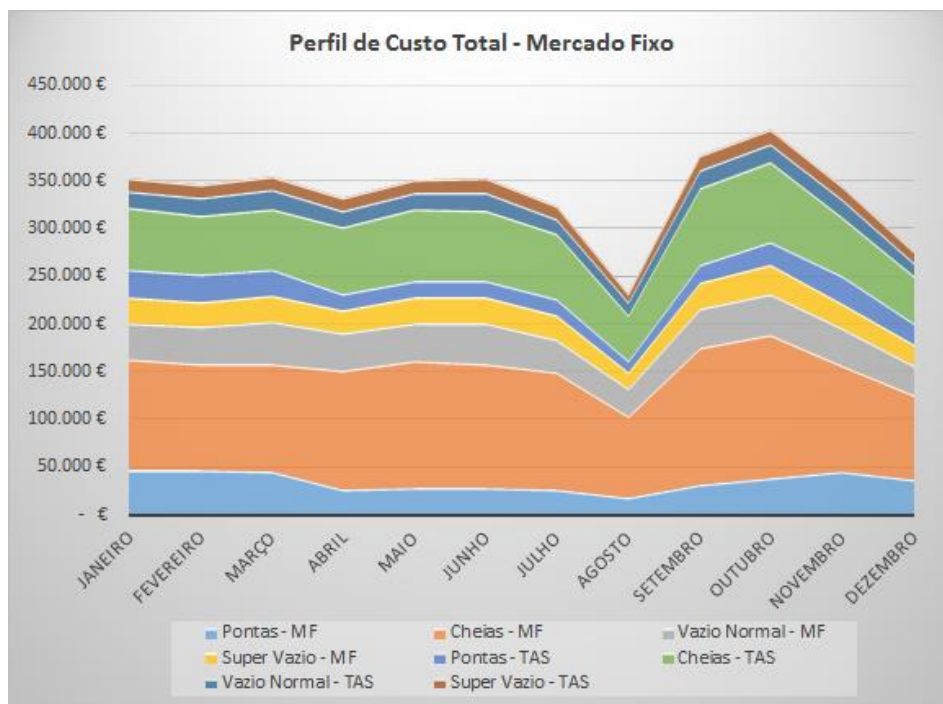


Gráfico 58 - Perfil de custo associado à tarifa fixa com a adição da TAR

Anexo C. Documento de verificação de requisitos relativo às propostas de iluminação interior

Neste anexo encontra-se o documento realizado para a verificação dos requisitos luminotécnicos, principalmente os requisitos internos do IKEA Industry, de forma a verificar se as propostas apresentadas pelos vários fornecedores estão em condições de serem aceites.

Uma vez que a inclusão deste documento em anexo tem como propósito a apresentação do mesmo, este diz respeito à proposta da Schröder, pois é aquela que apresenta um menor número de simulações, ou seja, o documento é menos extenso.

Tabela 30 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (1/9)

IKEA REQUIREMENTS						
			W1	W2	W3	1
STUDY BASED IN DIALUX SOFTWARE						
Warehouse			ok	OK	OK	ok
Production areas						
Office areas						
Canteen						
ILUMINANCE UNIFORMITY (Emin/Emed)						
0,4			0,523	0,262	0,43	0,584
MANINTENANCE FACTOR						
MF=LLMFxLSFxLMFxRSMF			0,81	0,81	0,81	0,81
ILLUMINANCE (Lux)						
Office	500					
Conference	500					
Canteen	500					
Production Hall	300					
Extra Light Intensive Working places	500					
Mesasuring station	300					
Quality check production	1000					
Work shop	500					
Garage	200					
Timber yard	35					
Guard house	300					
Canopy	150					
Store/ Finish Goods/Warehouse	150		155	152	150	153
Social Areas	150					
Mechanical rooms	300					
Packing Department	600					
WORK PLANE						
Office	0,8 m					
General	1m		1	1	1	1
ALLOWED POWER w/m2						
Production areas	4					
Office areas	5					
Warehouse	3		1,61	1,54	1,51	2,69
MOUNTING HEIGHT (m)						
Warehouse	Office	3				
	Warehouse	12	12	12	12	12
	LOWER FLOOR (OFFICE and WC)	3				
Pigment	OFFICE, WC and CANTEEN	3				
	PRODUCTION AREAS	6				
	OFFICES CIRCULATION	2,5				
	PAINTS ROOM	7,75				
	MEZZANINE and CANOPY	5,2				
BOF	SHELLING	10,15				
	OFFICE and WC	3				
	OFFICES CIRCULATION	2,5				
	MEZZANINE	5,2				
	PRODUCTION AREAS	6				
	PAINTS ROOM	7,75				
	CANOPY	6,7				
BOILER	SHELLING	10,15				
		9,75				
WASTE PARK		9,75				
REFLECTION FACTORS (F/C/W)						
20/70/30			ok	ok	ok	ok
BOUNDARY ZONES						
0,5m			OK	OK	OK	ok
			W1	W2	W3	1
luminaire	CE Certification	ENEC Certification	Luminous flux	Lighting Efficiency lm/W	Electrical power per luminaire+driver	Chromatic Restitution Index (CRI)
E111/LEDN6470D	ok	Missing Information	ok	ok	not explicit	ok
E112/LEDN6470D	ok	Missing Information	ok	ok	not explicit	ok
E22/LED2N030D	ok	ok	ok	ok	not explicit	ok
E22/LED3N045D	ok	ok	ok	ok	not explicit	ok
R730R1/LEDN4870DX1	ok	ok	ok	ok	not explicit	ok
U731R1/LEDN2430D	ok	ok	ok	ok	not explicit	ok
U731R1/LEDN3635D	ok	ok	ok	ok	not explicit	ok
U731R1/LEDN3645D	ok	ok	ok	ok	not explicit	ok
U731R1/LEDN4860D	ok	not included	ok	ok	not explicit	ok
U732R1/LEDN4870D	ok	not included	ok	ok	not explicit	ok

Tabela 31 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (2/9)

[illegible]

Tabela 32 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (3/9)

		PIGMENT					
		ETAP Schröder					
Office P1 9	Office P1 10	Sector A	Sector B	Sector C	Sector D	Sector E	Sector F
		OK	Missing Information	OK	OK	OK	Missing Information
ok	ok						
0,516	0,692	0,593	0,557	0,557	0,592	0,517	0,89
0,87	0,87	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
603	522						
		300	300	300	301	314	307
0,8	0,8						
		1	1	1	1	1	1
		2,84	2,75	2,75	2,79	2,89	2,79
5,56	5,54						
3	3						
		6	6	6	6	6	6
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
ok	ok	OK	OK	OK	OK	OK	OK
Office P1 9	Office P1 10	Sector A	Sector B	Sector C	Sector D	Sector E	Sector F
UNIFIED GLARE RATING (UGR)	IP	IK	Warranty	Local			
<= 19	65	03	5 years	Production			
<= 19	65	08	5 years	Production			
<= 25	66	07	5 years	Production			
<= 25	66	07	5 years	Production			
<= 22	20	Missing Information	5 years	Office			
<= 19	20	Missing Information	5 years	Office			
<= 19	20	Missing Information	5 years	Office			
<= 19	20	Missing Information	5 years	Office			
<= 19	20	Missing Information	5 years	Office			
<= 19	20	Missing Information	5 years	Office			
<= 22	20	Missing Information	5 years	Office			

Tabela 33 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schréder (4/9)

[illegible]

Tabela 34 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (5/9)

Sector A	Sector B	Sector C	Sector D	Sector E	Sector F	Sector F IS 1	Sector F IS 2
OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
0,316	0,392	0,568	0,579	0,616	0,359	0,183	0,684
0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81	0,81
303	307	301	304	300	300	216	265
1	1	1	1	1	1	1	1
2,79	2,82	2,8	2,82	2,81	2,73	3,5	11,62
6	6	6	6	6	6	3	3
ok	ok	ok	ok	ok	ok	OK	OK
OK	OK	OK	OK	OK	OK	0	0
Sector A	Sector B	Sector C	Sector D	Sector E	Sector F	Sector F IS 1	Sector F IS 2

Tabela 36 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (7/9)

S9 2	S8 1	S8 2	B3 1	OFFICE BOF, B3, circulação	B3-2	B3-3	B3-4
ok	ok	ok	ok				
				OK	OK	OK	OK
0,658	0,523	0,699	0,564	0,112	0,677	0,475	0,546
0,81	0,81	0,81	0,81	0,87	0,87	0,87	0,87
					563	513	513
283	293	310	324				
				118			
			0,8	0,8	0,8	0,8	0,8
1	1	1					
3,35	3,73	6,67	3,74				
				2,41	5,58	4,36	5,42
				3	3	3	3
6	6	6	6				
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
S9 2	S8 1	S8 2	B3 1	OFFICE BOF, B3, circulação	B3-2	B3-3	B3-4

Tabela 37 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (8/9)

				OFFICE			
				ETAP Schröder			
				Portaria			
B3-7	B3-10	B3-16	B4-P0	1	2	3	4
OK	OK	OK	OK	ok	ok	ok	ok
0,552	0,46	0,111	0,213	0,542	0,475	0,377	0,872
0,87	0,87	0,88	0,81	0,87	0,87	0,87	0,81
541	573	522		524	554	622	
							281
			202				
0,8	0,8	0,8	0,8				
				1	1	1	1
5,3	4,64	4,62	2,3	5,77	5,93	6,69	7,16
3	3	3	3				
				3	3	3	3
ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok	ok
OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK	OK
B3-7	B3-10	B3-16	B4-P0	Portaria 1	2	3	4

Tabela 38 - Documento de verificação de requisitos - Proposta da Schröder (9/9)

	CANTEEN
	ETAP
IS	B4 P1 Refeitório
ok	OK
0,836	0,702
0,81	0,87
	519
276	
	0,8
1	
6,53	4,42
	3
3	
ok	ok
OK	OK
IS	B4 P1 Refeitório

Anexo D. Levantamento das luminárias referentes às várias propostas

Neste anexo encontra-se o levantamento da potência, número, consumo e custo das luminárias referentes às diferentes propostas, assim como a sua divisão em termos de zonas, ou seja, produção, armazém e não produção.

Tabela 39 - Levantamento de luminárias na zona de produção e armazém - Proposta Philips

Resultados - Estudo Luminotécnico - Produção e Warehouse								
Local	Luminária	Potência [W]	Número de luminárias	Horas de funcionamento	Dias de funcionamento	Consumo Total [kWh]	Custo energético	Custo Luminárias
PFF	Setor A	126	106	24	365	116.999	10.705 €	49.497 €
	Setor B	119	286	24	365	298.138	27.280 €	105.011 €
	Setor C	119	242	24	365	252.270	23.083 €	88.855 €
	Setor D	119	234	24	365	243.931	22.320 €	85.918 €
	Setor E	119	172	24	365	179.300	16.406 €	63.153 €
	Setor F	126	55	24	365	60.707	5.555 €	25.682 €
	Setor G	119	155	24	365	161.578	14.784 €	56.911 €
	Setor H	126	246	24	365	271.525	24.845 €	114.870 €
BoF	Setor A	126	149	24	365	164.460	15.048 €	69.576 €
	Setor B	119	305	24	365	317.944	29.092 €	111.987 €
	Setor C	126	250	24	365	275.940	25.249 €	116.738 €
	Setor D	126	318	24	365	350.996	32.116 €	148.490 €
	Setor E	126	173	24	365	190.950	17.472 €	80.782 €
	Setor F	126	216	24	365	238.412	21.815 €	100.861 €
	Setor G	126	342	24	365	377.486	34.540 €	159.697 €
	Setor H	126	132	24	365	145.696	13.331 €	61.637 €
	Setor I	238	49	24	365	102.159	9.348 €	29.229 €
WH	W1	180	80	24	365	126.144	11.542 €	43.466 €
	W2	180	88	24	365	138.758	12.696 €	47.812 €
	W3	126	120	24	365	132.451	12.119 €	56.034 €
	Parque de Resíduos	180	12	24	365	18.922	1.731 €	6.520 €
	Grupo de Bombagem	57	4	24	365	1.997	183 €	435 €
	Caldeiras	126	6	24	365	6.623	606 €	2.802 €
Total			3.740		Total	4.173.387	381.865 €	1.625.962 €

Tabela 40 - Levantamento de luminárias na zona de escritórios e não produção - Proposta Philips

Resultados - Estudo Luminotécnico - Escritórios e não produção								
Local	Luminária	Potência [W]	Número de luminárias	Horas de funcionamento	Dias de funcionamento	Consumo Total [kWh]	Custo energético	Custo Luminárias
Office and Canteen		17	6	12	365	447	41 €	370 €
		20	11	12	365	964	88 €	840 €
		38	35	12	365	5.825	533 €	2.981 €
		57	33	12	365	8.239	754 €	3.586 €
		25	21	12	365	2.254	206 €	2.719 €
		24	3	12	365	309	28 €	365 €
		31	20	12	365	2.716	248 €	2.537 €
		24	98	12	365	10.087	923 €	12.687 €
		38	15	12	365	2.464	225 €	1.824 €
		31	61	12	365	8.283	758 €	7.739 €
		11	1	12	365	48	4 €	26 €
Mechanical & Social areas		126	5	12	365	2.759	252 €	2.335 €
		38	122	12	365	20.306	1.858 €	10.391 €
		57	48	12	365	11.984	1.097 €	5.216 €
Total			479		Total	76.683	7.016 €	53.615 €

Tabela 41 - Levantamento de luminárias na zona de produção e armazém - Proposta Schröder

Resultados - Estudo Luminotécnico - Produção e Warehouse								
Local	Luminária	Potência [W]	Número de luminárias	Horas de funcionamento	Dias de funcionamento	Consumo Total [kWh]	Custo energético	Custo Luminárias
PFF	Setor A	71	210	24	365	130.060	11.900 €	61.310 €
	Setor B	70,7	350	24	365	216.766	19.834 €	102.183 €
	Setor C	71	350	24	365	216.766	19.834 €	102.183 €
	Setor D	71	308	24	365	190.754	17.454 €	89.921 €
	Setor E	71	266	24	365	164.742	15.074 €	77.659 €
	Setor F	70,7	210	24	365	130.060	11.900 €	61.310 €
	Setor G	71	189	24	365	117.054	10.710 €	55.179 €
	Setor H	71	462	24	365	286.131	26.181 €	134.881 €
BoF	Setor A	71	266	24	365	164.742	15.074 €	77.659 €
	Setor B	71	439	24	365	271.887	24.878 €	128.166 €
	Setor C	71	441	24	365	273.125	24.991 €	128.750 €
	Setor D	71	518	24	365	320.814	29.354 €	151.230 €
	Setor E	71	259	24	365	160.407	14.677 €	75.615 €
	Setor F	71	425	24	365	263.216	24.084 €	124.079 €
	Setor F IS 1	26	3	24	365	681	62 €	298 €
	Setor F IS 2	26	1	24	365	227	21 €	99 €
	Setor G1	71	360	24	365	222.960	20.401 €	105.102 €
	Setor G2	71	250	24	365	154.833	14.167 €	72.988 €
	Setor H	71	250	24	365	154.833	14.167 €	72.988 €
	Setor I	71	180	24	365	111.480	10.200 €	52.551 €
WH	W1	71	207	24	365	128.202	11.730 €	60.200 €
	W2	71	222	24	365	137.492	12.580 €	64.562 €
	W3	71	208	24	365	128.821	11.787 €	60.491 €
	W 1	71	36	24	365	22.296	2.040 €	10.510 €
Total			6.410	Total		3.968.348	363.104 €	1.869.910 €

Tabela 42 - Levantamento de luminárias na zona de escritórios e não produção - Proposta Schröder

Resultados - Estudo Luminotécnico - Escritórios e não produção								
Local	Luminária	Potência [W]	Número de luminárias	Horas de funcionamento	Dias de funcionamento	Consumo Total [kWh]	Custo energético	Custo Luminárias
PFF		26	6	12	365	683	63 €	1.013 €
		71	130	12	365	40.257	3.683 €	37.954 €
		49	6	12	365	1.275	117 €	1.200 €
		26	2	12	365	227	21 €	199 €
BoF		71	66	12	365	20.438	1.870 €	19.269 €
		39	9	12	365	1.526	140 €	1.119 €
		24	8	12	365	841	77 €	1.069 €
		46	9	12	365	1.825	167 €	1.859 €
		35	83	12	365	12.799	1.171 €	14.010 €
		49	10	12	365	2.124	194 €	2.280 €
		26	10	12	365	1.134	104 €	995 €
WH		48	12	12	365	2.539	232 €	2.401 €
		49	39	12	365	8.285	758 €	8.891 €
		46	37	12	365	7.503	687 €	7.643 €
		35	10	12	365	1.542	141 €	1.688 €
Total			437	Total		102.997	9.424 €	101.589 €

Tabela 43 - Levantamento de luminárias na zona de produção e armazém - Proposta IKEA
IMS

Resultados - Estudo Luminotécnico - Produção e Warehouse								
Local	Luminária	Potência [W]	Número de luminárias	Horas de funcionamento	Dias de funcionamento	Consumo Total [kWh]	Custo energético	Custo Luminárias
PFF	Setor A	148	104	24	365	134.834	12.337 €	19.398 €
	Setor B	148	208	24	365	269.668	24.675 €	38.797 €
	Setor C	148	198	24	365	256.703	23.488 €	36.931 €
	Setor D	148	228	24	365	295.597	27.047 €	42.527 €
	Setor E	148	172	24	365	222.995	20.404 €	32.082 €
	Setor F	148	60	24	365	77.789	7.118 €	11.191 €
	Setor G	148	110	24	365	142.613	13.049 €	20.517 €
	Setor H	148	246	24	365	318.934	29.182 €	45.884 €
BoF	Setor A	148	171	24	365	221.698	20.285 €	31.895 €
	Setor B	148	246	24	365	318.934	29.182 €	45.884 €
	Setor C	148	240	24	365	311.155	28.471 €	44.765 €
	Setor D	148	336	24	365	435.617	39.859 €	62.671 €
	Setor E	148	150	24	365	194.472	17.794 €	27.978 €
	Setor F	148	243	24	365	315.045	28.827 €	45.325 €
	Setor G	148	342	24	365	443.396	40.571 €	63.791 €
	Setor H	148	138	24	365	178.914	16.371 €	25.740 €
	Setor I	148	98	24	365	127.055	11.626 €	18.279 €
WH	W1	148	179	24	365	232.070	21.234 €	33.387 €
	W2	148	115	24	365	149.095	13.642 €	21.450 €
	W3	148	120	24	365	155.578	14.235 €	22.383 €
	loadingby area	148	12	24	365	15.558	1.424 €	2.238 €
	loadingby area	64	10	24	365	5.641	516 €	1.311 €
Total			3.726		Total	4.823.361	441.338 €	694.428 €




Tabela 44 - Levantamento de luminárias na zona de escritórios e não produção - Proposta
IKEA IMS

Resultados - Estudo Luminotécnico - Escritórios e não produção								
Local	Luminária	Potência [W]	Número de luminárias	Horas de funcionamento	Dias de funcionamento	Consumo Total [kWh]	Custo energético	Custo Luminárias
PFF		31	354	12	365	48.066	4.398 €	40.119 €
		64	120	12	365	33.849	3.097 €	15.737 €
		114	66	12	365	32.984	3.018 €	10.809 €
BoF		64	192	12	365	54.158	4.955 €	25.180 €
		31	266	12	365	36.117	3.305 €	30.146 €
		114	44	12	365	21.989	2.012 €	7.206 €
WH		31	241	12	365	32.723	2.994 €	24.390 €
		31	17	12	365	2.308	211 €	1.927 €
		31	296	12	365	40.191	3.677 €	33.546 €
		64	2	12	365	564	52 €	262 €
		31	66	12	365	8.961	820 €	7.480 €
		64	2	12	365	564	52 €	262 €
Total			1.666		Total	312.475	28.591 €	197.063 €

Tabela 45 - Levantamento de luminárias na zona de produção e armazém - Proposta Aura
Light

Resultados - Estudo Luminotécnico - Produção e Warehouse								
Local	Luminária	Potência [W]	Número de luminárias	Horas de funcionamento	Dias de funcionamento	Consumo Total [kWh]	Custo energético	Custo Luminárias
PFF	A	112	79	24	365	77.508	7.092 €	34.145 €
		203	25	24	365	44.457	4.068 €	17.973 €
	B	112	286	24	365	280.600	25.675 €	123.615 €
	C	112	242	24	365	237.431	21.725 €	104.597 €
	D	112	198	24	365	194.262	17.775 €	85.580 €
		203	36	24	365	64.018	5.858 €	25.881 €
	E	112	167	24	365	163.847	14.992 €	72.181 €
		203	5	24	365	8.891	814 €	3.595 €
	F	183	55	24	365	88.169	8.068 €	37.179 €
	G	183	155	24	365	248.477	22.736 €	104.778 €
		49	16	24	365	6.868	628 €	5.402 €
		112	12	24	365	11.773	1.077 €	5.187 €
	H	203	219	24	365	389.443	35.634 €	157.443 €
BoF	A	112	74	24	365	72.603	6.643 €	31.984 €
		203	75	24	365	133.371	12.203 €	53.919 €
	B	112	235	24	365	230.563	21.097 €	101.572 €
		203	70	24	365	124.480	11.390 €	50.324 €
	C	112	145	24	365	142.262	13.017 €	62.672 €
		203	105	24	365	186.719	17.085 €	75.487 €
	D	49	16	24	365	6.868	628 €	5.402 €
		112	127	24	365	124.602	11.401 €	54.892 €
		203	30	24	365	53.348	4.881 €	21.568 €
		112	185	24	365	181.507	16.608 €	79.961 €
	E	203	133	24	365	236.511	21.641 €	95.616 €
		49	24	24	365	10.302	943 €	8.103 €
	F	112	35	24	365	34.339	3.142 €	15.128 €
		203	157	24	365	279.190	25.546 €	112.870 €
	G	132	330	24	365	381.586	34.915 €	150.077 €
		183	12	24	365	19.237	1.760 €	8.112 €
	H	112	60	24	365	58.867	5.386 €	25.933 €
		183	96	24	365	153.896	14.081 €	64.895 €
	I	264	49	24	365	113.319	10.369 €	39.862 €
WH	W1	39	16	24	365	5.466	500 €	3.642 €
		203	80	24	365	142.262	13.017 €	57.514 €
	W2	203	88	24	365	156.489	14.319 €	63.265 €
	W3	203	120	24	365	213.394	19.526 €	86.270 €
Total			3.757	Total		4.876.929	446.239 €	2.046.625 €

Tabela 46 - Levantamento de luminárias na zona de escritórios e não produção - Proposta
Aura Light

Resultados - Estudo Luminotécnico - Escritórios e não produção								
Local	Luminária	Potência [W]	Número de luminárias	Horas de funcionamento	Dias de funcionamento	Consumo Total [kWh]	Custo energético	Custo Luminárias
PFF		40	73	12	365	12 790	1 170 €	13 777 €
		40	16	12	365	2 803	256 €	3 329 €
		15	66	12	365	4 336	397 €	8 444 €
		39	80	12	365	13 666	1 250 €	18 209 €
BoF		40	65	12	365	11 388	1 042 €	12 267 €
		15	110	12	365	7 227	661 €	14 073 €
		39	114	12	365	19 473	1 782 €	25 948 €
WH		26	4	12	365	456	42 €	721 €
		40	24	12	365	4 205	385 €	4 529 €
		40	33	12	365	5 782	529 €	6 866 €
		26	21	12	365	2 391	219 €	3 829 €
		40	1	12	365	175	16 €	191 €
		40	15	12	365	2 628	240 €	3 151 €
		15	26	12	365	1 708	156 €	3 326 €
Total		658	Total		90 736	8 302 €	120 935 €	

Anexo E. Relatórios gerados pelo Pvsyst

Neste anexo encontram-se os dois relatórios gerados pelo *software* Pvsyst, sendo um deles referente à simulação da instalação dos painéis fotovoltaicos na cobertura no parque de estacionamento e outro relativo à simulação da instalação dos painéis fotovoltaicos na cobertura das fábricas.

Relatório referente à instalação fotovoltaica na cobertura do parque de estacionamento

PVSYST V6.47		01/08/16		Page 1/3																			
Grid-Connected System: Simulation parameters																							
Project :		IKEA Industry parque																					
Geographical Site		IKEA Industry_site		Country	Portugal																		
Situation		Latitude	41.3°N	Longitude	8.4°W																		
Time defined as		Legal Time	Time zone UT	Altitude	424 m																		
		Albedo	0.20																				
Meteo data:		IKEA Industry_location Meteonorm 7.1 (1991-2010), Sat=100% - Synthetic																					
Simulation variant :		variant IKEA Industry parque																					
		Simulation date 01/08/16 09h01																					
Simulation parameters																							
Collector Plane Orientation		Tilt	10°	Azimuth	-20°																		
Models used		Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm																		
Horizon		Free Horizon																					
Near Shadings		No Shadings																					
PV Array Characteristics																							
PV module		Si-poly	Model	CS6X - 320P																			
Original PVsyst database		Manufacturer	Canadian Solar Inc.																				
Number of PV modules		In series	19 modules	In parallel	192 strings																		
Total number of PV modules		Nb. modules	3648	Unit Nom. Power	320 Wp																		
Array global power		Nominal (STC)	1167 kWp	At operating cond.	1041 kWp (50°C)																		
Array operating characteristics (50°C)		U mpp	618 V	I mpp	1683 A																		
Total area		Module area	7000 m²	Cell area	6393 m²																		
Inverter																							
Original PVsyst database		Model	Sunny Tripower 60-10																				
Characteristics		Manufacturer	SMA																				
		Operating Voltage	570-800 V	Unit Nom. Power	60 kWac																		
Inverter pack		Nb. of inverters	15 units	Total Power	900 kWac																		
PV Array loss factors																							
Thermal Loss factor		Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s																		
Wiring Ohmic Loss		Global array res.	6.3 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC																		
Module Quality Loss				Loss Fraction	-0.4 %																		
Module Mismatch Losses				Loss Fraction	1.0 % at MPP																		
Incidence effect, user defined profile		<table><tr><td>10°</td><td>20°</td><td>30°</td><td>40°</td><td>50°</td><td>60°</td><td>70°</td><td>80°</td><td>90°</td></tr><tr><td>1.00</td><td>1.00</td><td>1.00</td><td>0.99</td><td>0.99</td><td>0.95</td><td>0.89</td><td>0.70</td><td>0.00</td></tr></table>				10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.95	0.89	0.70	0.00
10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°															
1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.95	0.89	0.70	0.00															
User's needs :		Unlimited load (grid)																					

PVsyst Evaluation mode

Figura 16 – Relatório da simulação para o parque de estacionamento (1/3)

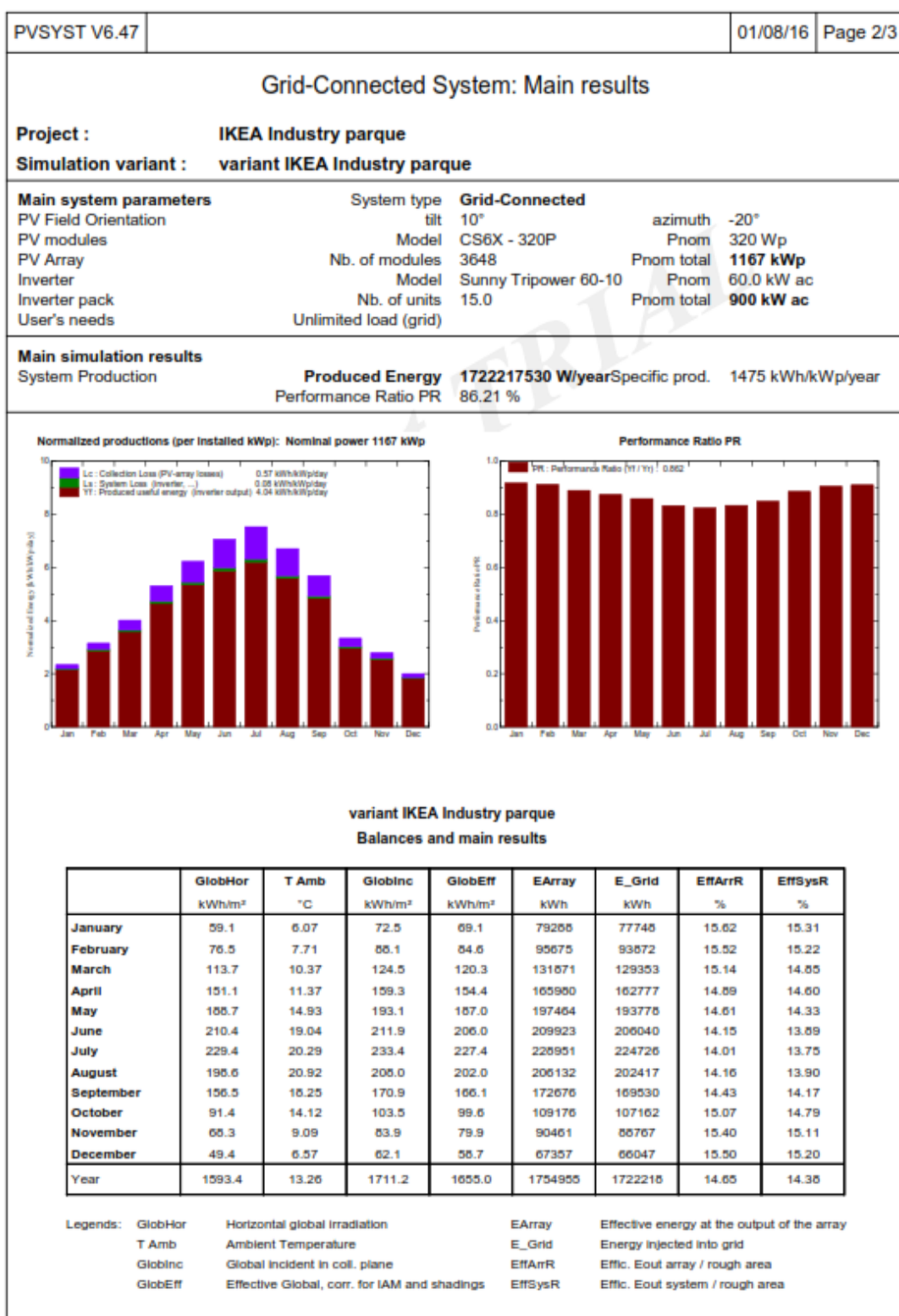


Figura 17 - Relatório da simulação para o parque de estacionamento (2/3)

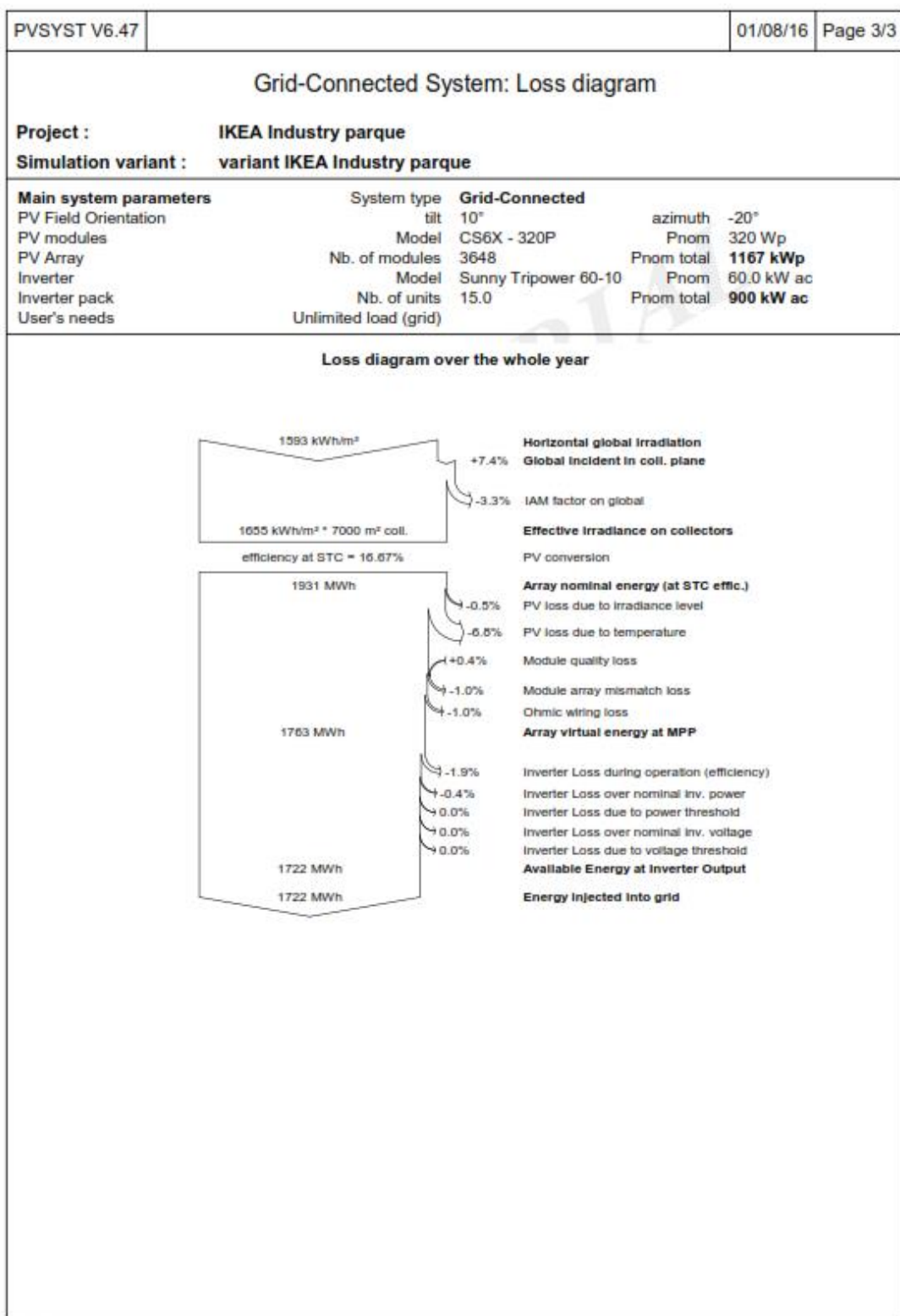


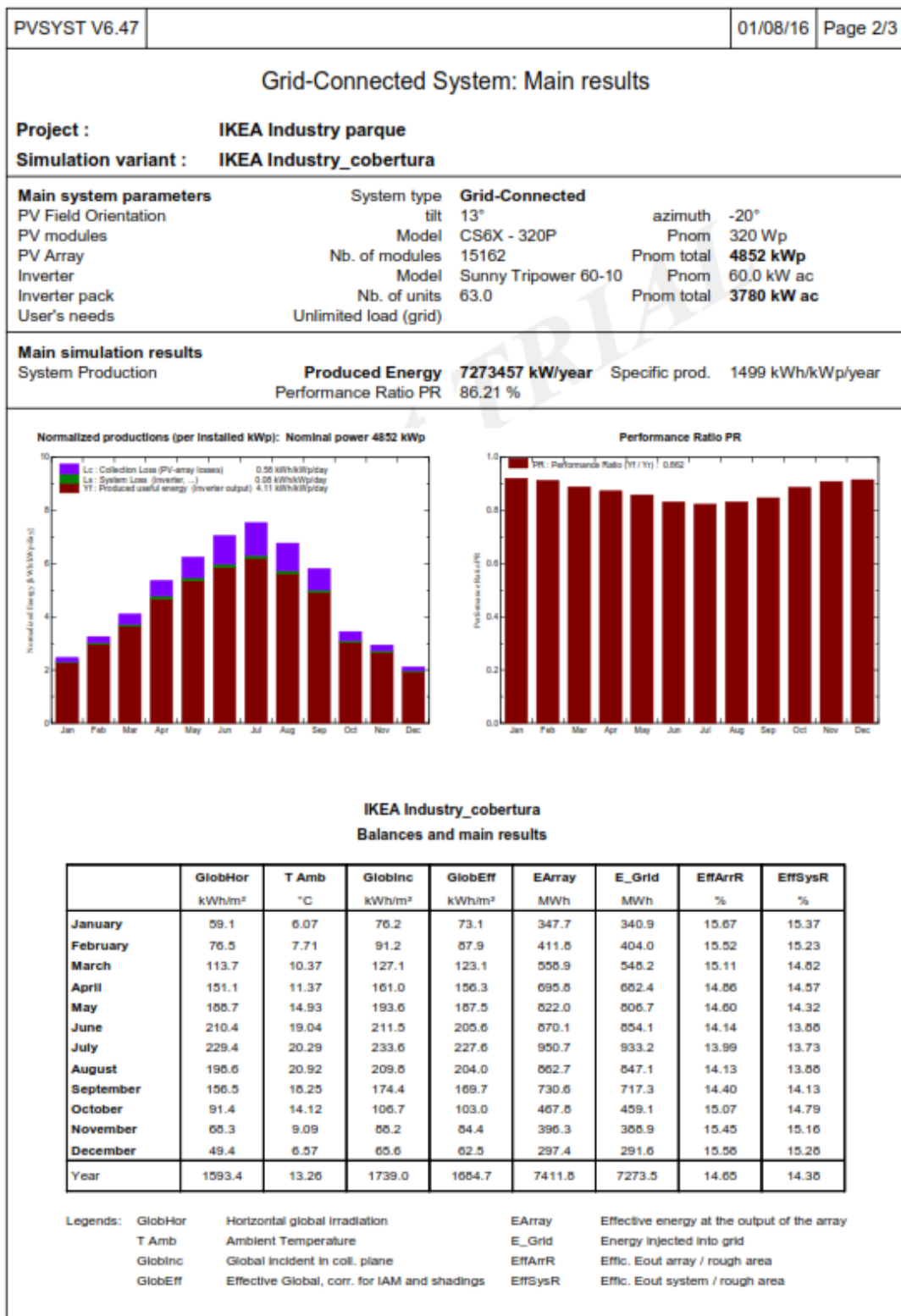
Figura 18 - Relatório da simulação para o parque de estacionamento (3/3)

Relatório referente à instalação fotovoltaica na cobertura das fábricas

PVSYST V6.47					01/08/16	Page 1/3																		
Grid-Connected System: Simulation parameters																								
Project : IKEA Industry parque																								
Geographical Site	IKEA Industry_site			Country	Portugal																			
Situation	Latitude	41.3°N	Longitude	8.4°W																				
Time defined as	Legal Time	Time zone UT	Altitude	424 m																				
	Albedo	0.20																						
Meteo data:	IKEA Industry_location	Meteonorm 7.1 (1991-2010), Sat=100% - Synthetic																						
Simulation variant : IKEA Industry_cobertura																								
	Simulation date	01/08/16 11h06																						
Simulation parameters																								
Collector Plane Orientation	Tilt	13°	Azimuth	-20°																				
Models used	Transposition	Perez	Diffuse	Perez, Meteonorm																				
Horizon	Free Horizon																							
Near Shadings	No Shadings																							
PV Array Characteristics																								
PV module	Si-poly	Model	CS6X - 320P																					
Original PVsyst database	Manufacturer	Canadian Solar Inc.																						
Number of PV modules	In series	19 modules	In parallel	798 strings																				
Total number of PV modules	Nb. modules	15162	Unit Nom. Power	320 Wp																				
Array global power	Nominal (STC)	4852 kWp	At operating cond.	4325 kWp (50°C)																				
Array operating characteristics (50°C)	U mpp	618 V	I mpp	6995 A																				
Total area	Module area	29093 m²	Cell area	26571 m²																				
Inverter																								
Original PVsyst database	Model	Sunny Tripower 60-10																						
Characteristics	Manufacturer	SMA																						
	Operating Voltage	570-800 V	Unit Nom. Power	60 kWac																				
Inverter pack	Nb. of inverters	63 units	Total Power	3780 kWac																				
PV Array loss factors																								
Thermal Loss factor	Uc (const)	20.0 W/m²K	Uv (wind)	0.0 W/m²K / m/s																				
Wiring Ohmic Loss	Global array res.	1.5 mOhm	Loss Fraction	1.5 % at STC																				
Module Quality Loss			Loss Fraction	-0.4 %																				
Module Mismatch Losses			Loss Fraction	1.0 % at MPP																				
Incidence effect, user defined profile	<table border="1"> <tr> <td>10°</td> <td>20°</td> <td>30°</td> <td>40°</td> <td>50°</td> <td>60°</td> <td>70°</td> <td>80°</td> <td>90°</td> </tr> <tr> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>1.00</td> <td>0.99</td> <td>0.99</td> <td>0.95</td> <td>0.89</td> <td>0.75</td> <td>0.00</td> </tr> </table>						10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°	1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.95	0.89	0.75	0.00
10°	20°	30°	40°	50°	60°	70°	80°	90°																
1.00	1.00	1.00	0.99	0.99	0.95	0.89	0.75	0.00																
User's needs :	Unlimited load (grid)																							

PVsyst Evaluation mode

Figura 19 - Relatório da simulação para a cobertura das fábricas (1/3)



PV Syst Evaluation mode

Figura 20 - Relatório da simulação para a cobertura das fábricas (2/3)

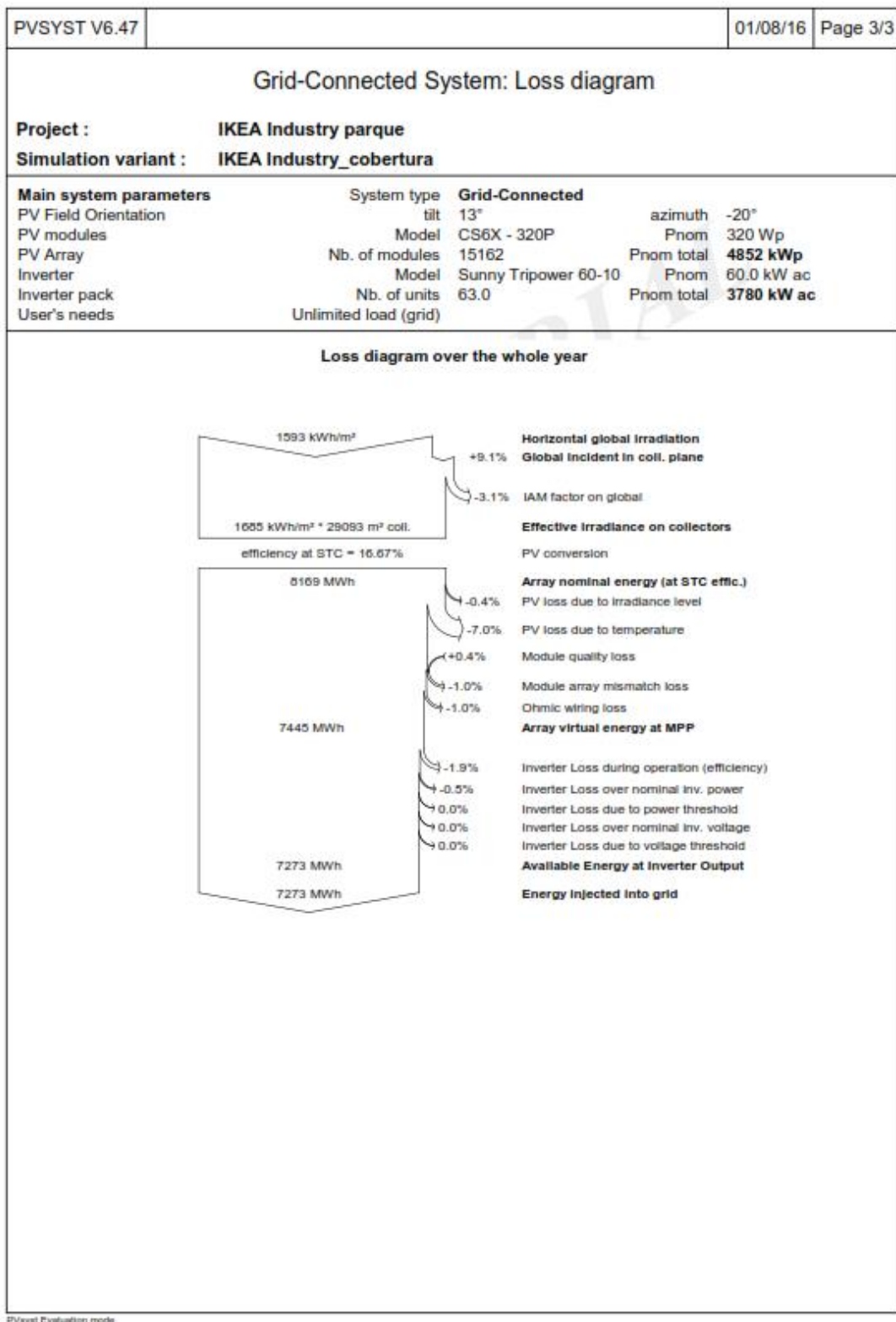


Figura 21 - Relatório da simulação para a cobertura das fábricas (3/3)